

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Факультет інформатики та обчислювальної техніки**

(повна назва інституту/факультету)

**Автоматизованих систем обробки інформації і управління**

(повна назва кафедри)

«На правах рукопису»  
УДК 514.7

До захисту допущено:

В.о. завідувача кафедри

\_\_\_\_\_ Олександр ПАВЛОВ

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**Магістерська дисертація**

**на здобуття ступеня магістра**

**за освітньо-професійною програмою «Інженерія програмного забезпечення  
комп'ютеризованих систем»**

**зі спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення»**

**на тему: «Математичне та програмне забезпечення для формулювання  
авіаційної метеодовідки»**

Виконав (-ла):

студент (-ка) VI курсу, групи ПІ-91мп

Новосьол Катерина Ігорівна \_\_\_\_\_

Науковий керівник:

Доцент кафедри АСОІУ, канд. тех. наук,

Ліщук Катерина Ігорівна \_\_\_\_\_

Рецензент:

Доцент кафедри ТК, канд. тех. наук,

Олег Лісовиченко \_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації  
немає запозичень з праць інших авторів без  
відповідних посилань.

Студент (-ка) \_\_\_\_\_

Київ – 2020 року

**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

**Факультет інформатики та обчислювальної техніки**

**Автоматизованих систем обробки інформації і управління**

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 121 «Інженерія програмного забезпечення»

Освітньо-професійна програма - «Інженерія програмного забезпечення комп'ютеризованих систем»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

\_\_\_\_\_ Олександр ПАВЛОВ

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**  
**на магістерську дисертацію студенту**

**Новосьол Катерині Ігорівні**

1. Тема дисертації «Математичне та програмне забезпечення для формування авіаційної метеодовідки», науковий керівник дисертації Ліщук Катерина Ігорівна, Доцент кафедри АСОІУ, канд. тех. наук, затверджені наказом по університету від «26» жовтня 2020 р. №3132-с
2. Термін подання студентом дисертації 16 грудня 2020
3. Об'єкт дослідження прикладне програмне забезпечення для формування коду довідки, який можна використати для передачі у повідомленні закритого вигляду
4. Вхідні дані виміри певних погодних показників
5. Перелік завдань, які потрібно розробити Проаналізувати вимоги до програмного забезпечення, Дослідити ринок та визначити наявні аналоги, Розробити математичний метод для підрахунку горизонтальної дальності видимості, Розробити стартап проект, Змодельовати програмне забезпечення
6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу Архітектура програмного додатку, Діаграма варіантів використання, Діаграма діяльності, Діаграма класів додатку
7. Орієнтовний перелік публікацій Розрахунок горизонтальної дальності видимості, Формування метеодовідки

## 8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Графічний	доц. Ліщук К.І.		

## 9. Дата видачі завдання 1 вересня 2020р.

### Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	<i>Проаналізувати вимоги до програмного забезпечення</i>	<i>15.09.2020</i>	
2	<i>Дослідити ринок та визначити наявні аналоги</i>	<i>28.09.2020</i>	
3	<i>Розробити математичний метод для підрахунку горизонтальної дальності видимості</i>	<i>12.10.2020</i>	
4	<i>Розробити стартап проект</i>	<i>26.10.2020</i>	
5	<i>Змодельовати програмне забезпечення</i>	<i>09.11.2020</i>	
6	<i>Оформлення документації</i>	<i>26.11.2020</i>	
7	<i>Подання роботи на попередній захист</i>	<i>27.11.2020</i>	
8	<i>Подання роботи на основний захист</i>	<i>16.12.2020</i>	

Студент

Катерина НОВОСЬОЛ

Науковий керівник

Катерина ЛІЩУК

## РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновку та двох додатків, містить 14 рисунків, 29 таблиць та 15 джерел. Повний обсяг магістерської дисертації складає 98 сторінок, з яких додатки – 8 сторінок.

До магістерської дипломної роботи Новосьол Катерини Ігорівни на тему: «Математичне та програмне забезпечення для формулювання авіаційної метеодовідки».

Актуальність теми.

**Мета дослідження.** Метою магістерської дисертації є дослідження функціонування аеропортів за складних метеорологічних умов, розробка показників функціонування аеропортів при цих умовах, розробка методики їх аналітичного і статистичного моделювання та розробка прикладного програмного забезпечення для формування коду довідки, який можна використати для передачі у повідомленні закритого вигляду.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити комплекс наступних взаємопов'язаних завдань:

- проаналізувати існуючі показники метеорологічних умов, котрі впливають на функціонування аеропортів за складних метеорологічних умов;
- проаналізувати методи формування метеодовідок та їх залежність від погодних параметрів;
- дослідити вплив метеорологічних умов (а саме кліматичних характеристик) на політ літака;
- дослідити динамічні процеси розвитку кліматичних характеристик з урахуванням метеорологічних умов;
- розробити методику аналітичного та статистичного моделювання показників;
- спроектувати та розробити програмне забезпечення для формування довідки із застосуванням запропонованої методики.

**Об'єктом дослідження** є прикладне програмне забезпечення для формування коду довідки, який можна використати для передачі у повідомленні закритого вигляду.

**Предметом дослідження** є засоби автоматизації формування кодів метеорологічної довідки з урахуванням впливу кліматичних характеристик на політ повітряних суден у складних метеорологічних умовах.

**Методами дослідження** є загальнонаукові принципи проведення досліджень.

В дослідженні використано методи:

- наукового аналізу та синтезу для виявлення проблемних аспектів систем моделювання;
- методи теорії ймовірності;
- метод статистичного моделювання.

**Наукова новизна.** Вперше сформовано метеодовідку, яка відрізняється від існуючих новою методикою виведення горизонтальної дальності видимості, що дозволяє підвищити точність прогнозування польоту.

**Практичне значення отриманих результатів.** Результатом роботи є прикладний програмний застосунок для оцінювання метеорологічних характеристик аеродрому та формулювання авіаційної метеодовідки.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.**

Дисертаційна робота магістра виконувалась у Національному технічному університеті України "Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського" згідно з планом науково-дослідницьких робіт кафедри автоматизованих систем обробки інформації та управління.

**Публікації.** Наукові положення дисертації були опубліковані на V всеукраїнській науково-практичній конференції молодих вчених та студентів «Інформаційні системи та технології управління»(ІСТУ-2020) .

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** МЕТАР, МЕТЕОДОВІДКА, АВІАЦІЯ МЕТЕОРОЛОГІЧНІ ФАКТОРИ, НИЖНЯ МЕЖА ХМАР, ВИМІРЮВАННЯ, ГОРИЗОНТАЛЬНА ДАЛЬНІСТЬ ВИДИМОСТІ

## **ABSTRACT**

The master's dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion and two appendices, contains 14 figures, 29 tables and 15 sources. The full volume of the master's dissertation is 98 pages, of which the appendices are 8 pages.

To Kateryna Ihorivna Novosyol's master's thesis on the topic: " Mathematical and software application for aviation meteorological report formulation ".

Actuality of theme.

The aim of the study. The purpose of the master's dissertation is to study the operation of airports in difficult weather conditions, to develop indicators of airport operation under these conditions, to develop methods for their analytical and statistical modeling and to develop application software for reference code that can be used to transmit in closed message.

To achieve this goal it is necessary to solve a set of the following interrelated tasks: -

- to analyze the existing indicators of meteorological conditions that affect the functioning of airports in difficult meteorological conditions;
- to analyze the methods of forming meteorological reports and their dependence on weather parameters;
- to investigate the influence of meteorological conditions (namely climatic characteristics) on the flight of the aircraft;
- to study the dynamic processes of development of climatic characteristics taking into account meteorological conditions;
- to develop a method of analytical and statistical modeling of indicators;
- to design and develop the software for formation of the reference with application of the offered technique.

The object of the study is application software for generating help code, which can be used for transmission in a closed message.

The subject of the research is the means of automating the formation of meteorological reference codes taking into account the influence of climatic characteristics on the flight of aircraft in difficult meteorological conditions.

Research methods are general scientific principles of research.

The study used the following methods:

- scientific analysis and synthesis to identify problematic aspects of modeling systems;
- methods of probability theory;
- method of statistical modeling.

Scientific novelty. For the first time a meteorological report was formed, which differs from the existing ones by a new method of deriving the horizontal range of visibility, which allows to increase the accuracy of flight forecasting.

The practical significance of the results. The result of the work is an applied software application for assessing the meteorological characteristics of the aerodrome and the formulation of aviation meteorological information.

Connection of work with scientific programs, plans, themes.

The dissertation of the master was performed at the National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute named after Igor Sikorsky" according to the plan of research work of the department of automated information processing and control systems.

Publications. The scientific provisions of the dissertation were published at the V All-Ukrainian scientific-practical conference of young scientists and students "Information systems and management technologies" (ISTU-2020).

**KEY WORDS: METER, METHOD, AVIATION METEOROLOGICAL FACTORS, LOWER BOUNDARY OF CLOUDS, MEASUREMENTS, HORIZONTAL RANGE**

## ЗМІСТ

### ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ 11

ВСТУП.....	12
------------	----

АНАЛІЗ ВИМОГ ДО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....	15
---	----

1.1	Огляд різноманітностей метеодовідок .....	15
	<i>SIGMET</i> .....	16
	<i>AIRMET</i> .....	17
	<i>TAF</i> .....	18
	<i>METAR</i> .....	19
	<i>SPECI</i> .....	20
1.2	Огляд параметрів потрібних для формування метеодовідки.....	22
1.3	Огляд наявних аналогів .....	28
	1.3.1 <i>Aviation Weather</i> .....	28
	1.3.2 <i>RainViewer</i> .....	29
1.4	Постановка задачі.....	30
	1.4.1 <i>Призначення розробки</i> .....	30
	1.4.2 <i>Цілі та задачі розробки</i> .....	31
	Висновок до розділу.....	32

2	МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ .....	33
---	--------------------------	----

2.1	МЕТЕОРОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ В АВІАЦІЇ .....	33
2.2	ДИСКРЕТНИЙ РОЗПОДІЛ ВИПАДКОВИХ ВЕЛИЧИН .....	34
2.3	КОЕФІЦІЄНТ КОРЕЛЯЦІЇ.....	37
2.4	ЗАКОН НОРМАЛЬНОГО РОЗПОДІЛУ (ЗАКОН ГАУСА).....	38
2.5	ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ ВИСОТИ НИЖНЬОЇ МЕЖІ ХМАР І ГОРИЗОНТАЛЬНОЇ ДАЛЬНОСТІ ВИДИМОСТІ В ВЕСНЯНО-ЛІТНІЙ ПЕРІОД .....	40
2.6	РЕГРЕСИВНИЙ АНАЛІЗ .....	43
	Висновок до розділу.....	49

### 3 МОДЕЛЮВАННЯ ТА КОНСТРУЮВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ 51

3.1	ФУНКЦІОНАЛЬНІ ВИМОГИ.....	51
3.2	НЕФУНКЦІОНАЛЬНІ ВИМОГИ.....	52
3.3	АРХІТЕКТУРА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ .....	53



3.4	ПОВЕДІНКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ .....	54
3.5	СТРУКТУРА КЛАСІВ ДОДАТКУ .....	57
3.6	ПРИКЛАДИ РОБОТИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....	62
3.7	ОПИС ТЕСТОВИХ ВИПАДКІВ .....	65
	Висновок до розділу .....	65
<b>4</b>	<b>РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ .....</b>	<b>67</b>
4.1	ОПИС ІДЕЇ ПРОЕКТУ .....	67
4.2	ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АУДИТ ІДЕЇ ПРОЕКТУ .....	69
4.3	АНАЛІЗ РИНКОВИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ЗАПУСКУ СТАРТАП-ПРОЕКТУ .....	70
4.4	РОЗРОБЛЕННЯ РИНКОВОЇ СТРАТЕГІЇ ПРОЕКТУ .....	79
4.5	РОЗРОБЛЕННЯ МАРКЕТИНГОВОЇ ПРОГРАМИ СТАРТАП-ПРОЕКТУ .....	82
	Висновок до розділу .....	86
	<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>87</b>
	<b>ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....</b>	<b>89</b>
	- <b>ДОДАТОК А .....</b>	<b>91</b>
	Графічний матеріал .....	91
	- <b>ДОДАТОК Б .....</b>	<b>94</b>
	Програмний код підрахунку ГДВ .....	94

## **ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ**

НМХ – Висота нижньої межі хмар.

ГДВ – Горизонтальна дальність видимості.

РПІ – Район польотної інформації.

ІКАО - Міжнародна організація цивільної авіації (англ. International Civil Aviation Organization).

ПЗ – Програмне забезпечення.

ОМС - Орган Метеорологічного Стеження.

ВМО – Всесвітня метеорологічна організація.

ОВС - Органи внутрішніх справ.

ЗПС - Злітно-посадкова смуга.

## ВСТУП

Метеорологія - це наука про фізичні явища та процеси в атмосфері, їх взаємодію з земною поверхнею та космічним середовищем. Авіаційна метеорологія вивчає метеорологічні елементи та атмосферні процеси з точки зору їх впливу на діяльність авіації, а також розробляє методи та форми метеорологічного забезпечення польотів. Польоти літаків без метеорологічної інформації неможливі. Це правило поширюється на всі без винятку літаки та вертольоти у всіх країнах світу, незалежно від довжини маршрутів. Усі польоти повітряних суден цивільної авіації можуть здійснюватися лише за умови знання складу польоту метеорологічної ситуації в районі польотів, посадки та на запасних аеродромах. Тому необхідно, щоб кожен пілот повністю володів необхідними метеорологічними знаннями, розумів фізичну природу метеорологічних явищ, їх зв'язок із розвитком синоптичних процесів та місцевими фізико-географічними умовами, що є запорукою безпеки польотів.

Пілотам потрібна інформація про метеорологічні умови на маршрутах, якими вони мають літати, та на аеродромах призначення. Завдання метеорологічної служби полягає у сприянні безпечному, ефективному та регулярному здійсненню повітроплавання. Це досягається шляхом надання необхідної метеорологічної інформації операторам, членам льотного екіпажу, службам управління повітряним рухом, пошуково-рятувальним службам, адміністраціям аеропортів та іншим органам, що беруть участь в авіації. Необхідно встановити тісний взаємозв'язок між тими, хто надає метеорологічну інформацію, і тими, хто нею користується[1].

Аеродромні зведення та прогнози потрібні авіаційним користувачам для виконання своїх функцій. Метеодовідка аеродрому включає дані про видимість, дальність видимості на злітно-посадковій смузі, існуючі погодні умови та хмари, температуру повітря, точку роси, атмосферний тиск, що випускається щогодини або кожні півгодини. На додаток до цих резюме видаються спеціальні видання, якщо будь-який параметр змінюється і починає перевищувати обмеження, встановлені на основі його експлуатаційного значення.

Що стосується прогнозів польоту, всі екіпажі повинні отримувати своєчасну і точну метеорологічну інформацію про курс, що складений, і це дозволить їм

скористатися перевагами вітру та заощадити паливо. В умовах, коли ціни на паливо постійно зростають, це стає все більш важливим. Тому ІКАО запровадила Світову систему зональних прогнозів (WZFS). Ця система призначена для надання штатам та користувачам авіації типових і дуже точних прогнозів температури, вологості та вітру на великих висотах, а також щодо особливих погодних явищ. Всесвітня зональна система прогнозування складається з двох світових центрів прогнозування зон, які використовують найсучасніші комп'ютери та супутникові засоби для складання глобальних цифрових прогнозів безпосередньо для держави та користувачів.

**Мета дослідження.** Метою магістерської дисертації є дослідження функціонування аеропортів за складних метеорологічних умов, розробка показників функціонування аеропортів при цих умовах, розробка методики їх аналітичного і статистичного моделювання та розробка прикладного програмного забезпечення для формування коду довідки, який можна використати для передачі у повідомленні закритого вигляду.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити комплекс наступних взаємопов'язаних завдань:

- проаналізувати існуючі показники метеорологічних умов, котрі впливають на функціонування аеропортів за складних метеорологічних умов;
- проаналізувати методи формування метеодовідок та їх залежність від погодних параметрів;
- дослідити вплив метеорологічних умов (а саме кліматичних характеристик) на політ літака;
- дослідити динамічні процеси розвитку кліматичних характеристик з урахуванням метеорологічних умов;
- розробити методику аналітичного та статистичного моделювання показників;
- спроектувати та розробити програмне забезпечення для формування довідки із застосуванням запропонованої методики.

**Об'єктом дослідження** є прикладне програмне забезпечення для формування коду довідки, який можна використати для передачі у повідомленні закритого вигляду.

**Предметом дослідження** є засоби автоматизації формування кодів метеорологічної довідки з урахуванням впливу кліматичних характеристик на політ повітряних суден у складних метеорологічних умовах.

**Методами дослідження** є загальнонаукові принципи проведення досліджень.

В дослідженні використано методи:

- наукового аналізу та синтезу для виявлення проблемних аспектів систем моделювання;
- методи теорії ймовірності;
- метод статистичного моделювання.

**Наукова новизна.** Вперше сформовано метеодовідку, яка відрізняється від існуючих новою методикою виведення горизонтальної дальності видимості, що дозволяє підвищити точність прогнозування польоту.

**Практичне значення отриманих результатів.** Результатом роботи є прикладний програмний застосунок для оцінювання метеорологічних характеристик аеродрому та формулювання авіаційної метеодовідки.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.**

Дисертаційна робота магістра виконувалась у Національному технічному університеті України "Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського" згідно з планом науково-дослідницьких робіт кафедри автоматизованих систем обробки інформації та управління.

**Публікації.** Наукові положення дисертації були опубліковані на V всеукраїнській науково-практичній конференції молодих вчених та студентів «Інформаційні системи та технології управління»(ІСТУ-2020) .

## АНАЛІЗ ВИМОГ ДО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

### 1.1 Огляд різноманітностей метеодовідок

Підготовка та виконання польотів у цивільній та експериментальній авіації здійснюється на підставі міжнародних і федеральних правил, де прогнозування метеорологічних польотних умов одним із головних завдань, вирішення якої зменшує ризик можливих негативних явищ знижують забезпечення безпеки польоту. Метеорологічні послуги включають послуги з надання метеорологічних прогнозів, консультацій і спостережень, а також іншу метеорологічну інформацію і послуги, що надаються авіаційним організаціям. Метеорологічна служба в Україні надається відповідно до Авіаційними правилами України “Метеорологічне обслуговування цивільної авіації”, затверджених наказом Державіаслужби[2].

Метеорологічне забезпечення польотів на аеродромах і в аеропортах безпосередньо реалізують спеціальні метеослужби: метеорологічні авіаційні центри та станції з синоптичної частиною і без неї. Функції спеціалізованих метеорологічних органів з синоптичної частиною полягають в наступному:

- здійснюють моніторинг за погодними умовами на аеродромах і аеропортах;
- складають синоптичні прогнози погоди;
- при погіршенні погодних умов, становлять попередження по аеродрому або аеропорту для авіамаршрутів польотів;
- проводять консультації з екіпажами з виробництва польотів;
- навчають і проводять інструктажі з персоналом та екіпажами повітряних суден в компетенції метеоспостережень;
- здійснюють технічне обслуговування метеорологічного обладнання та приладів, в тому числі ремонт, монтаж і демонтаж метеорологічного обладнання;
- контролюють подачу метеорологічної інформації користувачам цивільної авіації;
- вивчають і проводять моніторинг погодних умов закріпленої території для складання кліматичних карт і описів.

Щоб прийняти рішення на виліт повітряного судна необхідно проаналізувати погодні умови з позиції можливості виконання безпечного польоту. Для цього враховується весь спектр наявної інформації про стан погодних умов в період проведення польоту. Аналізується динаміка процесів, що протікають в атмосфері в момент отримання конкретних даних з синаптичної прогнозованість на час польоту по всьому маршруту, всі наявні дані про стан погоди, визначається характер і напрям розвитку атмосферних процесів, які приведуть до зміни метеоумов в період польоту. При цьому потрібно розібратися не тільки в тому, які умови погоди спостерігаються в районі або за маршрутом планованого польоту, але і визначити, з чим пов'язані ці умови і як вони можуть змінюватися, тобто представити їх майбутній стан. Це можна зробити, проводячи аеросіноптичеській аналіз метеорологічної обстановки.

Аеросіноптичеській аналіз здійснюється методом порівняння і комплексної обробки блоків метеорологічних даних. У табл. 1 представлені метеорологічні блоки, якими необхідно оперувати для отримання аеросіноптичеського прогнозу. При порівняльному аналізі аеросіноптичеських матеріалів з більшою часткою достовірності оцінюється розвиток процесів, що протікають в атмосфері, визначається генезис барических систем і просування повітряних фронтів, зміна повітряних мас.

Прогнозування погоди для цивільної авіації та експериментальної авіації це комплекс заходів, здійснюваний за допомогою сучасного високотехнологічного обладнання та програмного забезпечення. Зараз за умови виявлення або прогнозування у зоні відповідальності умов погоди або явищ погоди, які можуть вплинути на безпеку польотів повітряних суден, випускається інформація SIGMET та AIRMET.

## SIGMET

SIGMET, що розшифровується як Significant Meteorological Information, це одна з форм поширення авіаційної метеорологічної інформації, що застосовуються при обслуговуванні повітряних суден в польоті .

Повідомлення SIGMET містять попередження про небезпечні метеорологічні явища, які спостерігаються або очікуваних в межах конкретного РПП. Повідомлення випускається Органом Метеорологічного Стеження (ОМС), що обслуговує цю РПП, і з

найвищою терміновістю розсилається засобами електрозв'язку зацікавленим органам. Кінцевим споживачам (екіпажам повітряних суден) інформація SIGMET надходить через радіомовні передачі VOLMET, по каналах передачі даних D-VOLMET, по каналах зв'язку з органами ОВС або в процесі передпольотної консультації.

Існує три типи повідомлень SIGMET:

- про особливі метеоявища;
- про вулканічному попелі;
- про тропічні циклони.

Найбільш поширені повідомлення першого типу. Вони випускаються в зв'язку з грозами, сильною турбулентністю, сильним обмерзанням, гірськими хвилями, запорошеними і піщаними бурями, радіоактивною хмарою.

Перший розділ повідомлення - заголовок, що ідентифікує розсилку. Другий розділ містить інформацію про відповідальне органі ОВС, порядковому номері випущеного цим органом повідомлення SIGMET і про період дії (день-час початку і день-час кінця інтервалу, до якого віднесено попередження).

Основний зміст повідомлення включено до третього розділу: - індекс і назва РПП, до території якого належить попередження; - кодоване опис явища; - інформація про те, спостерігається або прогнозується явище. При цьому можлива наявність додаткового показника часу; - уточнююча інформація про горизонтальних межах розташування області; - уточнююча інформація про вертикальних межах; - інформація про який спостерігається або очікуваному переміщенні; - інформація про очікуване зміні інтенсивності.

## AIRMET

AIRMET або Airmen's Meteorological Information - це короткий опис погодних явищ, які відбуваються або можуть відбутися (прогнозуватися) на повітряному маршруті, які можуть вплинути на безпеку повітряного судна. У порівнянні з повідомленнями SIGMET, повідомлення AIRMET охоплюють менш сувору погоду:



помірну турбулентність і обмерзання, стійкий приземний вітер зі швидкістю 30 вузлів і більш-широко поширену обмежену видимість.

Повідомлення AIRMET транслуються по ATIS на об'єктах УВС і називаються прогнозами погоди. AIRMET дійсні протягом шести годин.

Існує три типи AIRMET, все що позначаються фонетичної буквою: S (Sierra), T (Tango) і Z (Zulu).

AIRMET SIERRA (затемнення гір або IFR) стелі менше 1000 футів і / або видимість менше 3 миль, що зачіпають більше 50% території за один раз; велике затемнення гір

AIRMET TANGO (Турбулентність): помірна турбулентність, стійкий приземний вітер зі швидкістю 30 вузлів або більше і / або неконвективний зрушення вітру на малих висотах.

AIRMET ZULU (Обледеніння) Помірне обмерзання і забезпечує високий рівень замерзання.

Для дозволу на випуск AIRMET застосовні умови повинні бути широко поширені. «Широко поширений» означає, що відповідна територія охоплює не менше 3000 квадратних миль. Оскільки умови протягом прогнозованого періоду можуть змінюватися по території, можливо, що в будь-який момент буде порушена тільки невелика частина області.

Окрім SIGMET та AIRMET для формування метеодовідок використовуються спеціальні коди.

Коди для метеодовідок METAR, SPECI, TAF є кодами Всесвітньої метеорологічної організації (ВМО) для передачі регулярних, спеціальних метеорологічних зведень і прогнозів по аеродрому.

## TAF

Кодова форма (TAF - Terminal Aerodrome Forecast) прогнозу погоди по аеродрому. Вихідні тексти аеродромних прогнозів погоди публікуються в тому вигляді, як вони складені метеослужбами відповідних аеропортів та передані у всесвітню мережу обміну метеоінформацією. Саме в такому вигляді вони

використовуються для консультацій льотно-диспетчерського складу аеропортів. Ці прогнози є основою для аналізу очікуваних метеоумов в пункті посадки і прийняття командиром екіпажу рішення на виліт. Прогноз погоди по аеродрому складається кожні 3 години на період від 9 до 24 годин. Як правило, прогнози випускаються із завчасністю не менше 1 години 15 хвилин до початку періоду їх дії. При різких, які раніше не прогнозованих змінах погоди може бути випущений позачергової прогноз (коректив), його завчасність може бути 35 хвилин до початку періоду дії, а період дії відрізнятися від стандартного.

ТАФ доповнюють та використовують подібне кодування до звітів METAR. Їх виробляє синоптик, який базується на землі. З цієї причини місць розташування ТАФ значно менше, ніж є аеропорти, для яких доступні METAR. ТАФ можуть бути точнішими, ніж числові прогнози погоди, оскільки вони враховують місцеві, дрібномасштабні, географічні ефекти.

## METAR

METAR - назва коду для передачі регулярних метеорологічних зведень погоди по аеродрому. METAR (повідомлення за результатами регулярних спостережень) випускається з вартовими або півгодинними інтервалами, в 00 і 30 хвилин кожної години.

За допомогою даного метеокода записується фактична або регулярна погода як в умовах аеродромів, так і на окремо взятій автоматичної метеостанції. Код METAR містить дані про час зняття зведення, конкретному місці, показниках видимості, швидкості і напрямку вітру, опади, наявність хмарності (особливо щодо купчастих хмар), атмосферному тиску, температури ОС, дефіциті точці роси.

Головна інформація зведення може також доповнюватися ближнім синоптичних прогнозом.

Зведення в коді METAR випускаються для поширення і використання за межами аеродрому складання цих зведень для цілей:

- передпольотної підготовки пілотів на авіаційній метеорологічній станції аеродрому вильоту;
- забезпечення пілотів інформацією про погоду на аеродромі призначення і на запасних аеродромах (як під час передпольотної підготовки за допомогою системи «Брифінг», так і під час перебування на маршруті через диспетчерів служби OBC);
- забезпечення радіомовних передач VOLMET.

## SPECI

SPECI - назва коду для передачі спеціальних метеорологічних зведень погоди по аеродрому. SPECI випускаються за результатами спеціальних спостережень в будь-який час, за винятком 00 і 30 хвилин кожної години, і тільки при переході порогових значень (встановлених експлуатаційних критеріїв).

Якщо інтернаціональний код METAR містить записи про фактичне, поточний стан погодних умов, то код SPECI (aviation selected special weather report), записує погодні зміни в умовах аеродрому або окремо взятої автоматичної метеостанції або спеціальні зведення.

Зведення SPECI випускаються в тих випадках, коли мають місце зміни відповідають наступним критеріям:

- середнє напрямк приземного вітру змінився на 60 ° або більше в порівнянні з напрямком, зазначеним в останньому зведенні, при середній швидкості до і (або) після зміни становить 5 м / с або більше;
- середня швидкість приземного вітру змінилася на 5 м / с або більше в порівнянні зі швидкістю, зазначеної в останньому зведенні;
- величина відхилення від середньої швидкості приземного вітру (пориви) змінилася на 5 м / с або більше в порівнянні з величиною, зазначеної в останньому зведенні, причому середня швидкість до і / або після зміни становить 8 м / с або більше;
- зміна напрямку вітру зажадає зміни робочого курсу ЗПС або величина швидкості вітру перевищує експлуатаційні характеристики повітряних суден, що виконують польоти на даному аеродромі;

- видимість поліпшується і досягає або перевищує, або погіршується і стає менше одного або декількох з наступних значень:
  - 800 м, 1500 м або 3000 м;
  - 5000 м в разі виконання значної кількості польотів за ПВП;
- дальність видимості на ЗПС поліпшується і досягає, або перевищує одне, або декілька з наступних значень, або дальність видимості на ЗПС погіршується і стає менш одного або декількох з наступних значень: 150, 350, 600 або 800 м;
- у разі початку, припинення або зміни інтенсивності будь-якого з наступних явищ погоди:
  - замерзають опади;
  - помірні або сильні опади (в тому числі зливового типу);
  - гроза (з опадами);
  - піщана буря;
  - воронкообразное хмара (торнадо або водяний смерч);
- у разі початку або припинення будь-якого з наступних явищ погоди:
  - замерзає туман;
  - гроза (без опадів);
  - запорошений, піщаний або сніговий буревій;
  - курна, піщана або снігова низова хуртовина;
  - шквал;
- висота нижньої межі нижнього шару значною (BKN) або суцільний (OVC) хмарності досягає або перевищує, або стає менш одного або декількох з наступних значень:
  - 30 м, 60 м, 150 м або 300 м;
  - 450 м в разі виконання значної кількості польотів за ПВП;
- небо закрите і вертикальна видимість досягає або перевищує, або стає менш одного або декількох з наступних значень 30 м, 60 м, 150 м або 300 м.

## 1.2 Огляд параметрів потрібних для формування метеодовідки

Синоптична телеграма, зашифрована кодом METAR, являє собою послідовність цифр і букв і має вигляд описаний у Таблиці 1.1:

Таблиця 1.0 - Синоптична телеграма

Ідентифікатор	ICAO	Час	Вітер біля поверхні	Горизонтальна видимість
0	1	2	3	4
METAR чи SPECI	CCCC	GGggZ	dddffGfmfm КМН, КТ, MPS чи dndndnVdxdxdx	VVVVDV VXVXVXVDV чи CAVOK

Дальність видимості на ЗПС	Поточна погода	Хмарність	Температура повітря і точка роси	Тиск
5	6	7	8	9
RDRDR/VRVRVRVRi чи RDRDR/VRVRVRVR V VRVRVRVRi	w'w' (ww)	NSNSNShShShS чи VVhShShS чи SKC	T'T'td'td'	QPPPP чи APPP

Продовження таблиці 1.1

Додаткова інформація		Прогноз зміни погоди типу "тренд"		
Явища попередньої погоди	Зсув вітру в нижніх шарах			
10	11	12	13	14
REw'w'	WSTKOF RWYDRDR і/чи WSLDG RWYDRDR	TTTTT чи NOSIG	TTGGgg	dddffGfmfm

## 0 - НАЗВА КОДА

METAR - регулярне сполучення про погоду; SPECI - вибіркоче спеціальна;

## 1 - КОД АЕРОДРОМУ

Чотирибуквений показчик положення аеродрому (зазвичай ICAO код)

## 2 - ТЕРМІН СПОСТЕРЕЖЕННЯ

GG - годинник, gg - хвилини, Z - буквенний розпізнавальний знак групи (Zulu) - час за Гринвічем, "всесвітній координований", також використовується DDGGggZ (де DD - число місяця)

## 3 - ВІТЕР

ddd - напрямок вітру (звідки), осредненное за 10 хв. період, що передує терміну спостереження.

ddd = VRB = змінний, ddd = 000 = штиль;

ff - середня швидкість вітру за 10 хв. період попередній терміну спостереження;

G - показчик максимальної швидкості вітру (Gusting - поривчастий);

fmfm - макс. швидкість за 10 хв. період (швидкість пориву);

КМН КТ MPS - одиниці швидкості - км / год, уз, м / с

dndndnVdxdxdx - група включається в зведення, якщо протягом 10 хв. періоду, що передує терміну спостереження, загальна зміна в напрямку склало 60 градусів і більше при швидкості більше 3 вузлів (2 м / с, 6 км / ч). Вітер Variable - змінний;

#### 4 - Горизонтальна ВИДИМІСТЬ

VVVV - Мінімальна видимість в метрах. Видимість до 500 м округляється до найближчих 50м, 500-5000 - до 100м, 5000-9999 - до 1000м.

Видимість більше 10 км - 9999. також використовують фути, милі (Statute Mile, SM), іноді позначають 1 / 4SM або 1 / 8SM, а також іноді пишуть повну видимість - 40SM, 60SM (!), Замість 9999. DV - напрямок, в якому зі станції спостерігається мінімальна видимість (N, NE, E, SE :)

VxVxVxVxDV - якщо мінімальна менше 1500м, а максимальна більше 5000, група включається в зведення, на місці VxVxVxVx - максимальна видимість.

CAVOK - "кавокей", код (Clouds And Visibility OK), включається замість VVVVD і VxVxVxVxD, якщо одночасно:

- гориз. видимість 10км і більше;
- немає хмар нижче 1500 м (5000 фт) або нижче верхньої межі мінімальної висоти в секторі (що більше) і відсутні Cumulonimbus;
- немає опадів, грози, пилову бурю, туману, запорошеного, піщаного або снігового поземка.

#### 5 - ДАЛЬНІСТЬ ВИДИМОСТІ

R - буквенний показчик групи;

DRDR - номер ЗПС, для якої передається дальність видимості. Для паралельних ЗПС включаються букви L, C, R.

VRVRVRVR - середня величина дальності за 10 хв. період. у метрах; і - тенденція дальності видимості, протягом 10 хв. періоду: і = U - збільшення, і = D - зменшення, і = N - немає значних змін;

RDRDR / VRVRVRVR V VRVRVRVRi - група включається замість першої, якщо протягом 10 хв. періоду екстремальні однохвилинні величини видимості відрізняються від середньої більш ніж на 50 м або 20% (що більше). У першій частині

повідомляється мінімальна, в другій - максимальна однохвилинне середня величина.  
V - показчик групи.

## 6 - ОСОБЛИВІ ЯВИЩА ПОТОЧНОГО ПОГОДИ

Кодується по Таблиці 1.2. На місці w'w 'в зведенні може міститися від двох до дев'яти знаків. Якщо необхідно вказати інтенсивність, ставиться "+" - сильний або "-" - слабкий, помірний - без позначення.

Таблиця 1.2 - Особливі явища погоди

Якість		Метеорологічне явище		
Інтенсивність	Дескриптор	Опади	Явища, що погіршують видимість	Інше
"-"	MI Shallow	DZ Drizzle	BR Mist	PO Well developed dust/sand whirls
LIGHT Слабкий	Тонкий	Паморось	Димка	Виражені піщані / пилові вихори
MODERATE Помірний	BC Patches Уривки, шматки	RA Rain Дощ	FG Fog Туман	SQ Squall Шквал
	DR Low drifting	SN Snow	FU Smoke	FC Funnel cloud (tornado or water spout)



Продовження таблиці 1.2

Якість		Метеорологічне явище		
Інтенсивність	Дескриптор	Опади	Явища, що погіршують видимість	Інше
"+"  HEAVY  Сильный	Поземок	Сніг	Дим	Торнадо
	BL Blowing	SG Snow grains	VA Volcanic ash	SS Sandstorm
	Низова хуртовина	Снігові зерна	Вулканічний попіл	Піщана буря
	SH Shower	IC Diamond dust	SU Widespread dust	DS Duststorm
	Ливень	Льодяні голки	Пил (буря)	Пилова буря
	TS Thunderstorm Гроза	PE Ice pellets Льодяний дощ	SA Sand Пісок	
	FZ Supercooled Переохолоджений	GR Hail Град	HZ Haze Імла	
		GS Small hail and/or snow pellets Льодяна чи сніжна крупа		

## 7 - ХМАРНІСТЬ

NsNsNs - кількість хмар в масиві. Кодується 3-х літерними скороченнями: FEW - розкидана хмарність, 1-2 бали; SCT - окремі хмари (scattered), 2-5 балів; BKN - хмарно з проясненнями (broken), 6-9 балів; OVC - суцільна хмарність (overcast), 10 балів; SKC - небо ясне (sky clear);

hshshs - висота нижньої межі шару (масиву) хмар, повідомляється в одиницях кратних 30м (100 фт)

VV - буквенний показчик групи;

hshshs - вертикальна видимість в одиницях кратних 30 м (100 фт). За к.т. 1690

## 8 - ТЕМПЕРАТУРА ПОВІТРЯ І ТОЧКА РОСИ

T'T ' - температура повітря в цілих градусах Цельсія (перед значенням нижче 0 ° С передається буква М, що означає мінус);

Td'Td ' - точка роси в цілих градусах Цельсія (теж М при негативному);

## 9 - ТИСК

Тиск QNH (приведене до рівня моря за стандартною атмосфери) в цілих гПа. Якщо QNH передається в дюймах, перед групою ставиться буква А замість Q.

## 10 - ЯВИЩА передую ПОГОДИ

RE - буквенний показчик, що означає, що далі повідомляється про явища попередньої погоди (від recent)

w'w ' - явища попередньої погоди, к.т. 3

## 11 - ЗСУВ ВІТРУ

WS - зсув вітру (wind shear); TKOF - для траєкторії на зліт; LDG - для траєкторії на посадку; RWY - ВПП; DRDR - номер ЗПС. Для паралельних ЗПС включаються букви L, R, C.

## 12 - ОЧІКУВАНЕ ЗМІНА ПОГОДИ

На місці TTTT як показчики використовуються кодові слова: BECMG - коли очікуються стійкі зміни метеоумов; TEMPO - коли очікуються тимчасові зміни з частотою менше години, а в сумі менше половини переода прогнозу "тренд"; NOSIG - "немає значних змін" від "no significant change"

## 13 - ПЕРІОД ПРОГНОЗА

ТТ - кодується буквами: FM - для вказівки початку періоду (від from); TL - для вказівки закінчення періоду (till); AT - для вказівки конкретного часу, на яке очікуються прогнозовані метеоумови.<sup>14</sup> - ЗМІНИ, перевищує СПЕЦІАЛЬНІ КРИТЕРІЇ

Коли очікуються зміни метеоумов, таких як вітер (напрямок - ddd і швидкість ff), горизонтальна видимість VVVV, явища погоди w'w ', хмарність NNNhh, або вертикальна видимість VVhhh, при яких будуть досягнуті або перевищені спеціальні критерії, в зведення потрібно включити прогноз "тренда".

### ПРИКЛАД

Код зведення: METAR UUEE 1530Z 25004MPS 0500 R07 / 600U RAFG BKN015 SCT200 10/10 Q1010 TEMPO TL1700 0800 FG BECMG AT1800 2000 RA

Розкодувати: Регулярне зведення по а / п Шереметьєво, 1530 за Гринвічем. Вітер у землі 4 м / с, напрямом 250 градусів. Видимість 500 метрів. Дальність видимості на смузі для ВПП 07 600 м з тенденцією до збільшення. Туман і дощ. Хмарність - розсіяна на 450 м, окремі хмари на 6000 м. Температура повітря 10, точки роси 10 градусів Цельсія. Тиск QNH 1010 мбар. До 1700 по Грінвічу часом видимість 800 м, туман. До 1800 по Грінвічу очікується видимість 2 км, дощ.

### 1.3 Огляд наявних аналогів

На даний момент існує декілька програмних додатків які займаються декодуванням та виведенням метеодовідок.

#### 1.3.1 Aviation Weather

Надійний і простий додаток Aviation Weather для пілотів та аерокосмічних ентузіастів. METAR-Reader декодує та представляє поточні METAR понад 9500 аеропортів по всьому світу. Ні більше, ні менше. Просте кольорове кодування дозволяє швидко класифікувати за умовами VFR або IFR - як варіант навіть за кольоровим

штатом НАТО. Крім того, поточні прогнози погоди TAF отримуються та чітко відображаються у декодованій формі.

Компоненти побічного вітру злітно-посадкової смуги автоматично обчислюються на основі поточного METAR. Також доступний віджет, який можна налаштувати для відображення або розшифрованого METAR, або необробленого METAR / TAF.

Як бонус додаток пропонує доступ до NOTAM для метеорологічних станцій, які будуть завантажені, частково декодовані і які можна окремо позначити як прочитані. Таким чином ви можете легко відстежувати нові та відповідні NOTAM.

Нові метеостанції можна знайти по всьому світу за кодами ICAO або IATA, назвою аеропорту або містом. Їх можна організувати у визначені користувачем групи - е. г. для найпоширеніших маршрутів або альтернативних аеропортів. Крім того, група з автоматичним управлінням завжди представляє сусідні метеостанції.

Для використання вночі існує темна тема, яку система може активувати вручну або автоматично (залежно від вашої версії Android).

### 1.3.2 RainViewer

#### Метеорадар

RainViewer черпає інформацію з метеорадар. Вони сканують небо, щоб визначити краплі дощу, їх положення, розмір і напрямок. Всі ці параметри дають чітке уявлення про інтенсивність опадів у конкретному місці і напрямку пересування їх у просторі.

#### Анімована карта опадів

Завдяки даним метео радарів з усього світу, RainViewer створює високоякісну карту опадів для 82-х країн кожні 5 хвилин. З точністю до 250 метрів ви можете дивитися позицію зон опадів і їх інтенсивність майже в режимі реального часу. Але найкраще - це анімація карти опадів, яка показує рух зон опадів, що в свою чергу дозволяє створювати свій власний короткостроковий прогноз.

#### Оповіднення про опади

Протягом року RainViewer успішно повідомляє користувачам про наближення дощу, бурі або снігу з точністю до хвилин. Ви будете отримувати повідомлення: «Дощ через 37 хвилин». І це точно для вашого поточного місця розташування! Як бонус, ви можете включити оповіщення "В радіусі", які повідомлять вас про наявність опадів певної інтенсивності в заданому вами радіусі.

#### Світове покриття

Наша ключова перевага - найбільше покриття (82 країни). Якщо у вас ділова поїздка або відпочинок за кордоном, ви завжди будете знати про наближення грози практично в будь-якій країні світу.

### 1.4 Постановка задачі

#### 1.4.1 Призначення розробки

Призначення розробки - формулювання метеодовідки типу METAR або SPECI в залежності від потреби користувача на основі існуючих показників. Розроблений додаток повинен на основі існуючих показників самостійно формулювати метеодовідку типу METAR або SPECI в залежності від потреби користувача та виводити її на екран або зберігати у базу даних. Особливістю саме даного додатку буде двухфакторний підрахунок горизонтальної видимості(ГВ).

Висота нижньої межі хмар(HMX) безперервно змінюється, і сама ця межа є хвилеподібну поверхню з амплітудою коливань до 50-100 м / год. Хід змін величини ГВ дуже близький до ходу змін HMX. В ході досліджень я встановила, що горизонтальна дальність видимості найчастіше визначається візуально за допомогою певних заздалегідь визначених об'єктів (темно на тлі неба), відстань до яких відома. Також існує ряд фотометричних приладів, наприклад, трансмізметри, для інструментального вимірювання видимості, але їх вимірювання не можуть правильно знайти значення. У той же час горизонтальний діапазон видимості тісно взаємопов'язаний із значенням нижньої межі хмар.

За результатами статистичного аналізу даних клімату в районі аеродрому встановлено, що існує сильна кореляція між висотою нижньої межі хмар і горизонтальною дальністю видимості. Отже, можна прогнозувати зміну одного

параметра по виміряним даними для іншого параметра. Саме цей метод стане додатковим видом підрахунку горизонтальної видимості[3].

Предметом дослідження даної магістерської дисертації є вплив кліматичних характеристик на політ повітряних суден у складних метеорологічних умовах, а щодо об'єкта дослідження - залежність змін кліматичних характеристик складних метеорологічних умов аеропорту

Прогнозування роботи аеропортів у складних метеорологічних умовах, прогнозування взаємодії сукупності факторів створює можливість для поліпшення роботи авіакомпаній. Основною метою і завданням магістерської дисертації є вивчення функціонування аеропортів у складних метеорологічних умовах, аналіз метеорологічних показників для роботи у цих умовах, розробка додатку та створення бази даних кліматичних характеристик для автоматизованого прогнозування.

#### 1.4.2 Цілі та задачі розробки

Метою магістерської дисертації є дослідження функціонування аеропортів за складних метеорологічних умов, розробка показників функціонування аеропортів при цих умовах, розробка методики їх аналітичного і статистичного моделювання та розробка прикладного програмного забезпечення для формування коду довідки, який можна використати для передачі у повідомленні закритого вигляду.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити комплекс наступних взаємопов'язаних завдань:

- проаналізувати існуючі показники метеорологічних умов, котрі впливають на функціонування аеропортів за складних метеорологічних умов;
- проаналізувати методи формування метеодовідок та їх залежність від погодних параметрів;
- дослідити вплив метеорологічних умов (а саме кліматичних характеристик) на політ літака;
- дослідити динамічні процеси розвитку кліматичних характеристик з урахуванням метеорологічних умов;

- розробити методику аналітичного та статистичного моделювання показників;
- спроектувати та розробити програмне забезпечення для формування довідки із застосуванням запропонованої методики.

### Висновок до розділу

Забезпечення метеорологічною безпеки польотів ЗС на протязі усього проходження маршруту, в тому числі в умовах аеродромів та аеропортів підтримується за допомогою міжнародних метеорологічних авіаційних кодів всесвітньої метеорологічної організації ВМО і ІКАО міжнародної організації цивільної авіації.

До основних метеорологічних кодами відносяться METAR, SPECI, TAF, AIRMET і SIGMET, де METAR і SPECI - передають інформацію зчитується АМС про фактичну погоду на аеродромі і про її зміни в гіршу чи кращу сторону; TAF - передає прогноз погоди по аеродрому; SIGMET та AIRMET - штормове оповіщення і попередження про небезпечні для авіації явища погоди.

За допомогою кодування погодних явищ, можлива передача метеорологічної зведення поточної погоди та синаптичних прогнозів безпосередньо користувачам авіації на всьому протязі маршруту польоту.

Новизна програмного додатку в незвичайному методі підрахунку горизонтальної видимості за допомогою кореляції з нижньою межею хмар.

## 2 МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ

### 2.1 Метеорологічні показники в авіації

Пілотам потрібна інформація про метеорологічні умови на маршрутах, якими вони мають літати, та на аеродромах призначення. Завдання метеорологічної служби полягає у сприянні безпечному, ефективному та регулярному здійсненню повітроплавання. Це досягається наданням необхідної метеорологічної інформації операторам, членам льотного екіпажу, службам управління повітряним рухом, пошуково-рятувальним службам, адміністраціям аеропортів та іншим органам, що беруть участь в авіації. Необхідно встановити тісний взаємозв'язок між тими, хто надає метеорологічну інформацію, і тими, хто нею користується.

Аеродромні зведення та прогнози потрібні авіаційним користувачам для виконання своїх функцій. Підсумок аеродрому включає дані про видимість, дальність видимості на злітно-посадковій смузі, існуючі погодні умови та хмари, температуру повітря, точку роси, атмосферний тиск, що випускається щогодини або кожні півгодини. На додаток до цих резюме видаються спеціальні видання, якщо будь-який параметр змінюється і починає перевищувати обмеження, встановлені на основі його експлуатаційного значення.

Однією з найважливіших метеоелементів аеродрому є висота нижньої межі хмар та горизонтальної дальності видимості. За результатами аналізу та прогнозування їх попередніх значень, повторності за часом і суток можна більш точно планувати його пропускну здатність, степінь забезпечення розписування та, в кінцевому підсумку, забезпечувати необхідний рівень безпеки польотів.

Такі несприятливі фактори, як мінливість ГДВ, слід розглядати як найбільш небезпечні фактори. Аналіз досвіду експлуатації повітряного судна в складних метеорологічних умовах під час посадки або зльоту показує, що ймовірність авіаційних подій, що відбуваються на цих етапах, набагато більша, ніж на інших етапах польоту. На цих етапах нові авіаційні події часто мають серйозні наслідки[4].

При наближенні в умовах обмеженої видимості обов'язково розподілити обов'язки між членами екіпажу таким чином, щоб виключити неадекватні дії



командира, який активно літає на літаку, із появою його зорових ілюзій. Контроль просторового положення приладів другим пілотом є обов'язковим для дотику. Контроль за дотриманням поступальної та вертикальної швидкості, курсу посадки передбачений заздалегідь і строго виконується на заході.

## 2.2 Дискретний розподіл випадкових величин

Основними кліматичними характеристиками, такими як НМХ та ГДВ, є випадкові процеси. Розподіл вірогідності цих значень падає на вищезазначені висоти: 60 м, 90 м, 120 м, 150 м, 180 м, 240 м, 360 м. У рамках загальної теореми-ймовірної схеми, коли передбачається, що ми маємо деякий простір  $\Omega$  елементарного виходу  $\omega$ , випадкова величина  $\xi$  називається функцією елементарного виходу  $\omega$ :

$$\xi = \xi(\omega), \omega \in \Omega \quad (2.1)$$

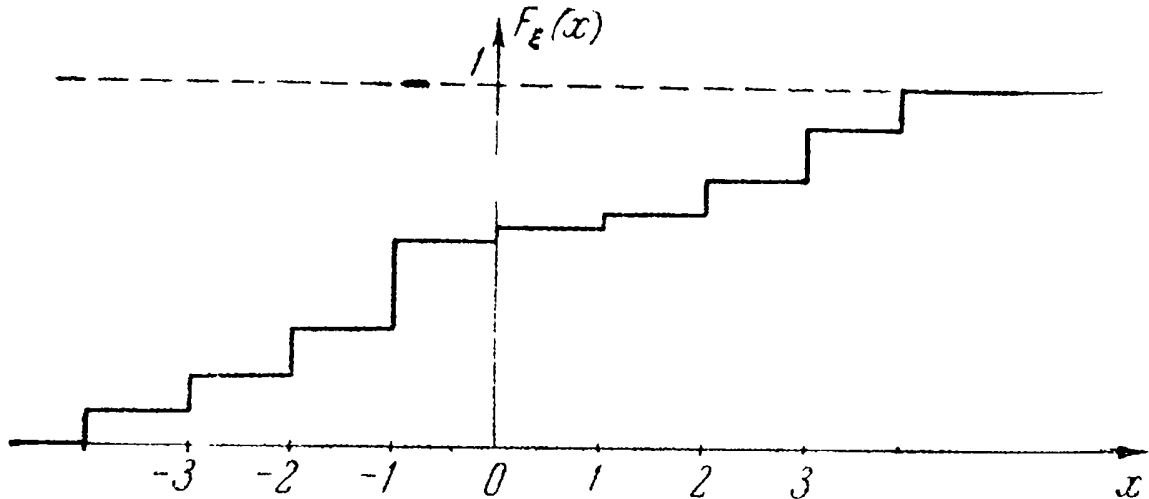
У нас є два основних типи випадкових величин: дискретні та безперервно розподілені. У дисертації ми розглядаємо дискретний розподіл. Дискретне значення  $\xi = \xi(\omega)$ , залежно від елементарного вихідного АІ, приймає остаточне або архівне число різних значень  $x$  з відповідними ймовірностями:

$$P_{\xi}(x) = P\{\xi = x\} \quad (2.2)$$

(тут символ  $\{\xi = x\}$  - це визначена подія, яка складається з того, що випадкова величина  $\xi$  приймає значення  $x$ , тобто  $\{\xi = x\} = \{\omega: \xi(\omega) = x\}$ ). Імовірність події  $x' \leq \xi \leq x''$ , яка складається з того, що випадкова величина  $\xi$  приймає одне із значень  $x$ , що лежать у межах  $x' \leq x \leq x''$ , становить:

$$P\{x' \leq \xi \leq x''\} = \sum_{x'}^{x''} P_{\xi}(x), \quad (2.3)$$

(підсумовування здійснюється за кінцевою чи архівною кількістю значень  $x$ , які можуть приймати дискретні випадкові величини  $\xi$ );

Рисунок 2.1 - Функція розподілу  $F(x)$ 

$F_{\xi}(x)$  як функція всіх можливих значень  $x$  випадкової величини  $\xi$  називається розподілом ймовірностей такої величини.

Нехай  $\xi$  - довільна випадкова величина. Функція  $F_{\xi}(x)$ , яка вирішується для всіх  $x$  у дійсній прямій, як:

$$F_{\xi}(x) = P \{ \xi \leq x \} \quad (-\infty < x < \infty). \quad (2.4)$$

Це називається функцією розподілу ймовірностей випадкової величини  $x$ . Для різних  $x'$  та  $x''$  ( $x' < x''$ ):

$$P \{ x' \leq \xi \leq x'' \} = F_{\xi}(x'') - F_{\xi}(x') \quad (2.5)$$

Для дискретного значення  $\xi$ , функція розподілу  $F_{\xi}(x)$  є кусочно постійною (див. Рис. 2.3).

Якщо функція розподілу  $F_{\xi}(x)$  випадкової величини  $\xi$  є безперервною, тоді значення  $\xi$  приймає кожне окреме значення  $x$  лише з імовірністю, рівною нулю. Якщо функція розподілу  $F_{\xi}(x)$  не тільки безперервна, але й диференційована, то  $P_{\xi}(x) = \frac{d}{dx} F_{\xi}(x)$  називається щільністю розподілу ймовірностей (щільність ймовірності), а сама  $\xi$  є безперервною розподіленою ймовірною значення. Щільність розподілу є незаперечною функцією  $P_{\xi}(x)$  такою, що для різних  $x' < x''$  ( $x' < x''$ ):

$$P \{ x' \leq \xi \leq x'' \} = \int_{x'}^{x''} P_{\xi}(x) dx. \quad (2.6)$$

У символах функції розподілу та імовірності виплат індекс  $\xi$  часто падає і пише просто  $F(x)$  та  $P(x)$ .

На рис. 2.3 показаний графік необмеженої функції розподілу  $F(x)$  та  $P(x)$ . Кожна неперервна монотонна функція  $P_\xi(x)$  така, що  $\lim_{x \rightarrow -\infty} F_\xi(x) = 0$ ,  $\lim_{x \rightarrow \infty} P_\xi(x) = 1$ , може служити функцією розподілу.

Приклад. Припустимо, що на відрізку  $[a, b]$  реальною прямою на перший погляд є точка. Ймовірність потрапляння в даний відрізок  $[x', x'']$  становить:

$$P\{x' \leq \xi \leq x''\} = \frac{x'' - x'}{b - a} = \int_{x'}^{x''} \frac{dx}{b - a} \quad (a \leq x' \leq x'' \leq b) \quad (2.7)$$

Видно, що випадкова величина  $\xi$  має щільність розподілу  $p(x)$ :

$$p(x) = \begin{cases} \frac{1}{b-a} & \text{at } a \leq x \leq b \\ 0 & \text{at } x < a, x > b \end{cases} \quad (2.8)$$

Спільний розподіл ймовірностей. Нехай  $\xi = (\xi_1, \dots, \xi_n)$  - набір з кількох випадкових величин або, як вони кажуть, векторних випадкових величин, з тим, що  $\xi_1, \dots, \xi_n$  - це дискретні значення.

Спільний розподіл ймовірностей, якщо  $\xi = (\xi_1, \dots, \xi_n)$  - це сукупність кількох випадкових величин або, як ще відомо, векторної випадкової величини, тоді як  $\xi$ , обов'язково є дискретним значенням. Подія  $\xi = x$ , складається з того, що випадкова величина  $\xi_1, \dots, \xi_n$  приймає відповідне значення  $x_1, \dots, x_n$ , має певну ймовірність:

$$P(x_1, \dots, x_n) = P(\xi_1 = x_1, \dots, \xi_n = x_n) \quad (2.9)$$

Ймовірності  $P(x_1, \dots, x_n)$  виконують усі можливі значення випадкових величин і утворюють загальний розподіл ймовірностей цих величин. Ймовірність подій  $\{x' \leq \xi \leq x''\}$ , що складаються із випадкових величин  $\xi_1, \dots, \xi_n$ , знаходиться в межах.

Випадкові значення  $\xi_1, \dots, \xi_n$  називаються незалежними, якщо всі можливі події форми взаємно незалежні  $\{x' \leq \xi \leq x''\}$ . Дискретні випадкові величини незалежні, коли їх спільний розподіл ймовірностей такий:

$$P_\xi(x_1, \dots, x_n) = P_{\xi_1}(x_1) \dots P_{\xi_n}(x_n) \quad (2.10)$$

у цьому випадку  $P_{\xi}(x)$  - це розподіл окремої величини.

### 2.3 Коефіцієнт кореляції

Коефіцієнт кореляції - це показник, який використовується для вимірювання щільності взаємозв'язку між продуктивною та факторною характеристиками в кореляційно-регресійній моделі для лінійної залежності.[5]

Коефіцієнт кореляції між досліджуваними ознаками повинен мати високий рівень надійності (надійності). Для оцінки надійності коефіцієнта кореляції обчислюється відношення коефіцієнта до його середньої похибки. Якщо він дорівнює або перевищує 3, коефіцієнт кореляції вважається надійним, тобто доводиться взаємозв'язок між досліджуваними ознаками. Якщо співвідношення менше 3, то не можна зробити висновок, що зв'язок між досліджуваними ознаками є надійною. Для більшої надійності досліджень необхідно взяти величину відношення коефіцієнта кореляції до його середньої похибки не 3, а 4. Якщо відношення коефіцієнта кореляції до його середньої похибки більше 3 і кількість спостережень становить більше 50, то вважається, що розрахований коефіцієнт лінійної кореляції відображає істотну тісну кореляційну мереживу

Зв'язок різних випадкових величин, а саме  $\xi_1$  та  $\xi_2$ , є так званим коефіцієнтом кореляції.

Кореляція може бути позитивною чи негативною (ситуація також може бути відсутністю статистичної кореляції- наприклад, незалежних та незалежних змінних). Негативна кореляція - це кореляція, при якій одна змінна створюється щодо зменшення іншої, тоді як баланс відносин є негативним. Правильна кореляція - це кореляція, при якій однакові зміни пов'язані зі збільшенням іншої, тоді як баланс відносин позитивний. Коефіцієнт кореляції визначається за формулою:

$$r = \frac{M(\xi_1 - a_1)(\xi_2 - a_2)}{\sigma_1 \sigma_2} \quad (2.11)$$

де  $a_1 = M\xi_1$ ,  $a_2 = M\xi_2$ . Для незалежного значення коефіцієнт кореляції дорівнює 0.

У загальному випадку він завжди знаходиться в діапазоні  $-1 < r < 1$ . Якщо  $r = -1$  або  $r = 1$ , то  $\xi_2$  - це лінійна функція від  $\xi_1$ :

$$\xi_2 = r \frac{\sigma_2}{\sigma_1} (\xi_1 - a_1) + a_2 \quad (2.12)$$

Випадкові значення  $\xi$  некорельовані, якщо їх коефіцієнт кореляції  $= 0$ . Коефіцієнт кореляції випадкових величин  $\xi$ , характеризує лише ступінь лінійної залежності.

## 2.4 Закон нормального розподілу (закон Гауса)

Фізичні процеси розвитку хмарності є результатом взаємодії багатьох випадкових факторів, які вносять приблизно однаковий внесок. Відповідно до центральної теорії ці процеси можна описати нормальним законом (закон Гауса).

«Універсальний» стандартний закон визначається тим, що кожна нелінійна змінна є сумою великої кількості різних числових значень, кожне з яких підпадає під різні закони поділу. різні, незначно впливаючи на суму, розподілену біля стандартного правила.

Більшість нелінійних змінних, таких як, наприклад, помилки вимірювання, можуть бути представлені в цілому низкою дрібних елементів фундаментальної помилки, кожен з яких визначається дією з однієї причини, незалежної від інших. Хоча правила розподілу не зазнають певних фундаментальних помилок, характеристики цього розподілу є великою кількістю умов, і поки вони підпадають під дію закону, близького до стандарту. Загальна кількість помилок повинна відігравати незначну роль.

Випадкова величина  $\xi$  зазвичай розподіляється або підпорядковується закону розподілу Гауса, якщо її щільність розподілу має вигляд:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}} \quad (2.13)$$

де  $a$  довільне дійсне число,  $\sigma > 0$ .

Нижче буде доведено  $a = M_\xi$ ,  $D_\xi = \sigma^2$ . Виходячи з цього визначення, функцію розподілу можна записати:

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{(t-a)^2}{2\sigma^2}} dt \quad (2.14)$$

Графік функції  $f(x)$ , симетричний відносно прямої  $x = a$ . За допомогою похідних можна показати, що функція  $f(x)$  досягає максимуму при  $x = a$ , а її графік має точки перетину з  $x_1 = a + \sigma$  і  $x_2 = a - \sigma$  (рис. 2.4).

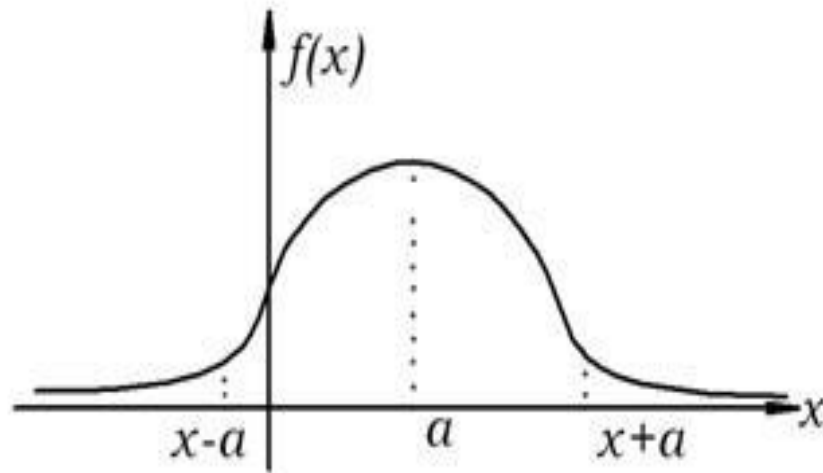


Рисунок 2.2 - Графік функції, симетричної відносно прямої  $x = a$

При  $x \rightarrow \pm\infty$  графік функції  $f(x)$  асимптотично наближається до осі  $Ox$ :  $\lim_{x \rightarrow \pm\infty} f(x) = 0$ .

При збільшенні густини розподілу  $\sigma$  крива стає більш плоскою (рис. 2.5).

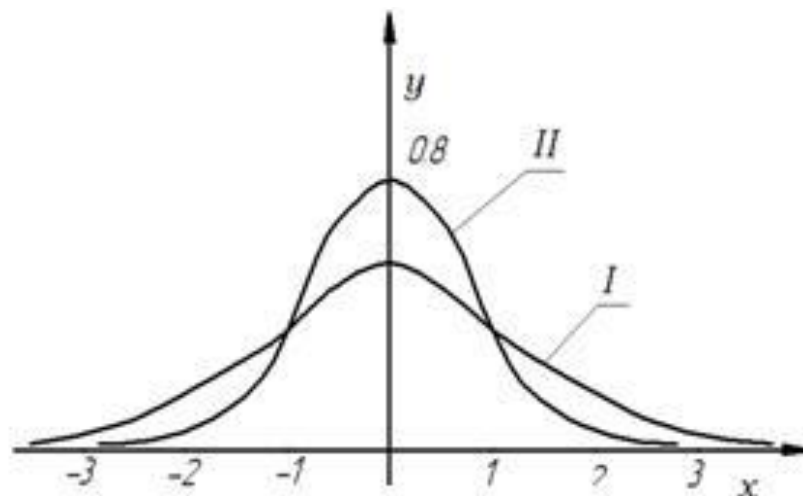


Рисунок 2.3 - Крива щільності розподілу

Навпаки, із зменшенням  $\sigma$  графік щільності розподілу більше стискається до осі Оу. При  $a = 0$  віссю симетрії є вісь Оу. На рис. 2.5 зображено два графіки функцій  $y = f(x)$ .

Графік (I) відповідає значенню:  $a = 0$ ,  $\sigma = 1$ .

Графік (II) відповідає значенню:  $a = 0$ ,  $\sigma = 1/2$ .

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(x) dx = 1,$$

Покажемо, що функція  $f(x)$  задовольняє умову тобто при довільному  $a$  і  $\sigma$  виконується співвідношення:

$$\int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}} dx = 1 \quad (2.15)$$

Зробимо в цьому інтегралі заміну змінної, нехай  $\frac{(x-a)^2}{\sigma^2} = t$ . Тоді

$$\int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}} dx = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-\frac{t^2}{2}} dt = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{\infty} e^{-\frac{t^2}{2}} dt \quad (2.16)$$

Ми напишемо відому формулу Пуассона:

$$\int_0^{\infty} e^{-\frac{t^2}{2}} \cdot dt = \sqrt{\frac{\pi}{2}} \quad (2.17)$$

Використовуючи його, ми отримуємо:

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma} \cdot \int_{-\infty}^{\infty} e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}} dx = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \cdot \int_0^{\infty} e^{-\frac{t^2}{2}} dt = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \cdot \sqrt{\frac{\pi}{2}} = 1 \quad (2.18)$$

Ми знаходимо ймовірність потрапляння  $\xi$  в заданий інтервал:  $P(x_1 \leq \xi \leq x_2)$ ,

$$P(x_1 \leq \xi \leq x_2) = \int_{x_1}^{x_2} f(x) dx = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma} \int_{x_1}^{x_2} e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}} dx. \quad (2.19)$$

## 2.5 Дослідження взаємозв'язку висоти нижньої межі хмар і горизонтальної дальності видимості в весняно-літній період

Одним з найбільш важливих метеорологічних елементів аеродрому є висота нижньої межі хмар і горизонтальної дальності видимості, які ми можемо розглянути

детально в дисертації. За результатами аналізу та прогнозу їх середніх можливостей, повторюваність під час року і часу, можна більш точно планувати свій потенціал, ступінь підтримки графіка і, в кінцевому рахунку, забезпечити необхідний рівень.

У практиці підприємств НМХ визначається два період: осінь-зима і весна-літо, кожен з яких характеризуються кліматичними особливостями в різних частинах країни.

Висота НМХ безперервно змінюється, і ця межа є хвилеподібною поверхнею з амплітудою коливань до 50-100 м / ч. Курс Зміни в розмірі ГДВ дуже близьки до курсу змін в НМХ (Ми можемо розглядати їх в весняно-літній період)

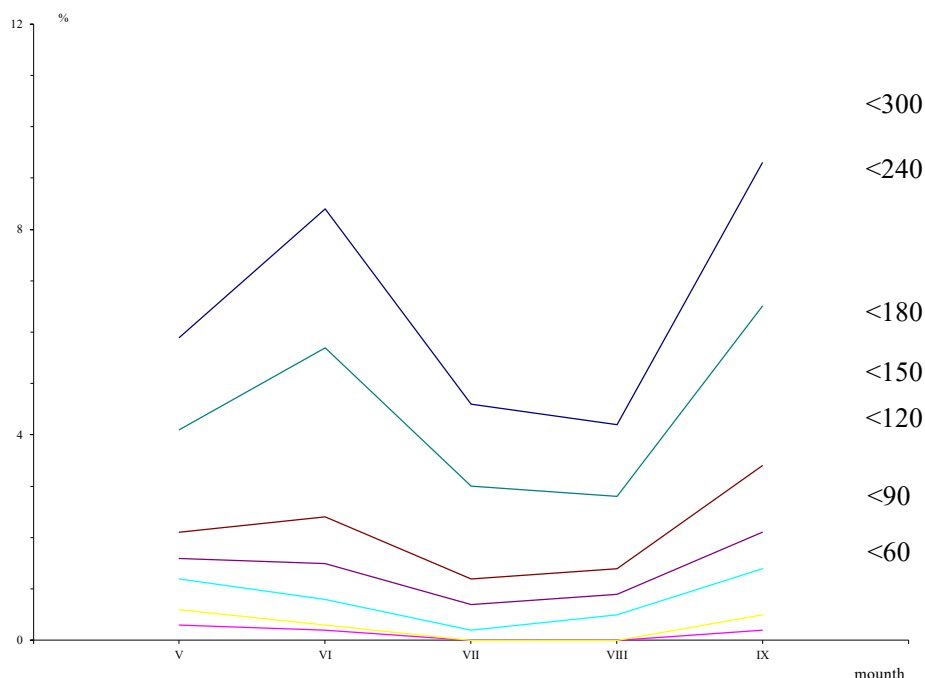


Рисунок 2.4 - Зміна висоти НМХ в весняно-літній період у відсотках від загального числа вимірювань



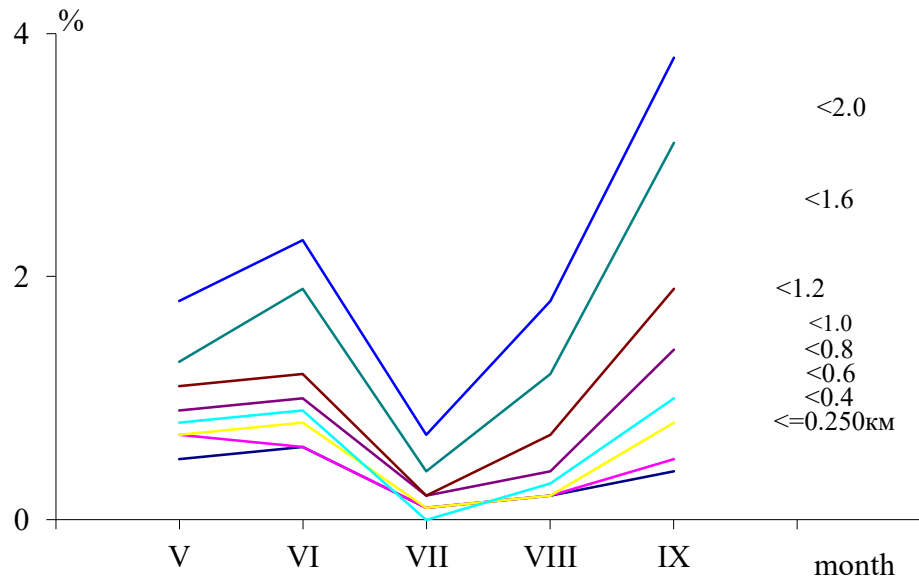


Рисунок 2.5 - Зміни в ГДВ у весняно-літній період у відсотках від загального числа вимірювань

Судячи із зовнішнього вигляду графіків, процеси зміни НМХ і ГДВ, з одного боку, по суті не стаціонарні, і, з іншого боку, тенденції їх зміни дуже схожі. Тому становить інтерес для вивчення особливостей їх стохастичною взаємозв'язку. Інтерес не тільки теоретичний, але і практичний. Вимірювання ГДВ процедура, на відміну від вимірювання висоти НМХ, є дуже трудомістким, а результати вимірювань мають досить низьку точність. Теоретично залежність ГДВ від погодних умов важко встановити, так як різні атмосферні явища впливають на ГДВ по різному, їх внесок в загальний результат суперечливий і погано формалізований[5].

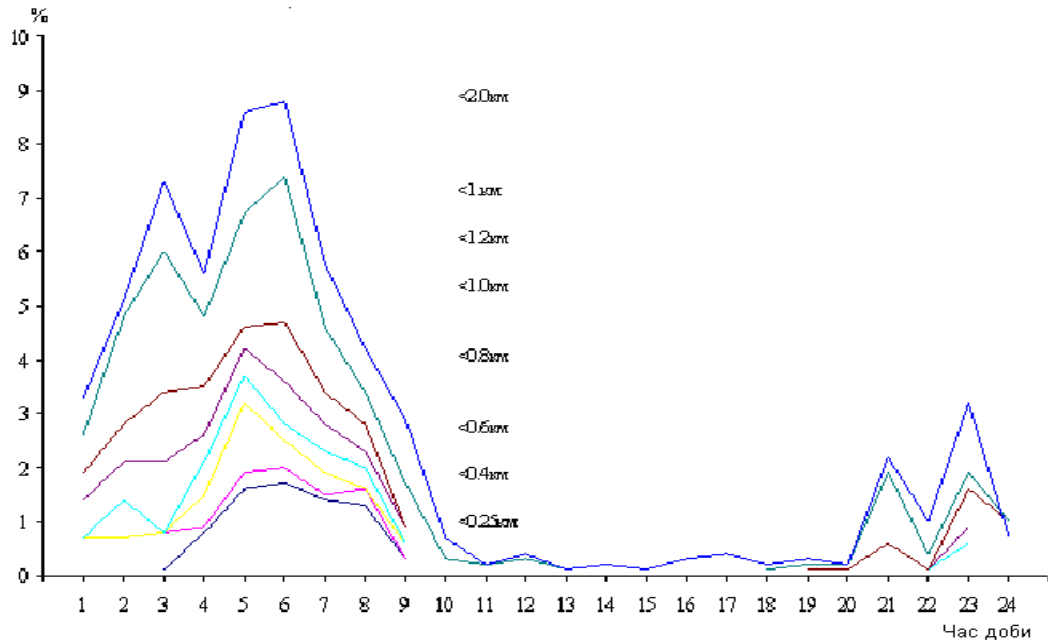


Рисунок 2.6 - Повторюваність ГДВ в інтервалах вказують спостереження, що весняно-літній період року (травень-вересень)

У дослідженнях аеропорту, що розглядається як система масового обслуговування, яке обслуговує найпростіший потік ПК. Час між послідовними вимогами, на кожному маршруті, випадковий і поширюється законом індикатора з параметром  $q$ . Час, щоб обслуговувати потік вимог в аеропорту або часі польоту секції маршруту, випадковий в представнику дистрибутивного закону з параметром  $\gamma$ . Час безперервної дії аеропорту або часу між послідовними моментами закриття трека у випадку випадок, наприклад, грози, індексовано поширюється з параметром  $\lambda$ . Час, щоб відновити нормальну дію аеропорту (виключаючи причини, що викликають переривання в дії аеропорту) або час грози над маршрутом, випадковий і показово поширюється з параметром  $\mu$ .

## 2.6 Регресивний аналіз

Зважаючи на номінальні параметри і теоретичні вивчення, завершальні індикатори дії авіаліній і аеропорту в скрутних метеорологічних умовах визначені. Вплив складного стану на характеристиках польоту оцінюється ймовірністю відмови (невиконання)  $p_{\text{відм.}}$  польоту оголошеного для одного з  $n$  маршрутів:

$$p_{\text{best}} \cong \frac{\lambda_1}{\mu_1} \frac{\sum_{i=1}^n q_i}{\sum_{i=1}^n q_i + \gamma_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\lambda_{2i}}{\mu_{2i}} \frac{q_i}{q_i + \gamma_{2i}}, \quad (2.20)$$

або для зазначеного рейсу:

$$p_{best} \cong \frac{\lambda_1}{\mu_1} \frac{q_i}{q_i + \gamma_1} + \frac{\lambda_{2i}}{\mu_{2i}} \frac{q_i}{q_i + \gamma_{2i}}, \quad (2.21)$$

Де  $\lambda_1, \mu_1, \gamma_1$  - параметри законів розподілу для зони аеропорту;  $q_i, \lambda_{2i}, \mu_{2i}, \gamma_{2i}$  - параметри законів розподілу для треків,  $i = 1, \dots, n$ .

Робота аеропорту під впливом комплексу метеорологічних умов пропонується бути оцінена за допомогою простого аеропорту  $K_{\Pi_M}$  і готовності факторів  $K_{\Gamma_M}$ :

$$K_{\Gamma_M} = \frac{\mu}{\lambda + \mu}, \quad K_{\Pi_M} = \frac{\lambda}{\lambda + \mu}. \quad (2.22)$$

Коефіцієнт готовності аеропорту  $K_{\Gamma_M}$  характеризує ймовірність того, що за метеорологічних умов аеропорт буде готовий для обслуговування ПК. Норма човника аеропорту  $K_{\Pi_M}$  характеризує ймовірність того, що аеропорт буде закрито, при метеорологічних умовах.

З огляду на, що частина ПК може чекати в аеропорту, щоб не бути відкритий і відправлені в інші аеропорти. Буде, буде дорівнює ймовірності:

$$p_2 = K_{\Pi_M} \quad (2.23)$$

Де  $p_0$  - ймовірність того, що аеропорт відкритий при метеорологічних умовах, але Там немає польотів;

$p_0$  - ймовірність того, що аеропорт відкритий і обслуговує рейси,

$p_2$  - ймовірність того, що аеропорт закритий і при метеорологічних умовах, а самі рейси ні,

$\lambda$  - Частка комп'ютерів, які будуть, послані в інші аеропорти. Особливо великі економічні витрати - аеропорти з високим дорожнім потоком.

Коефіцієнт використання аеропорту  $K_{\text{вик}}$  характеризує ймовірність того, що в будь-якому вільно обраний час буде служити заявлений рейс.

Вплив комплексу метеорологічних умов на польоти повітряних суден вважається на території однієї з доріжок, в яких польоти перервані в результаті, наприклад, поява гроз. Вірогідність перебування маршруту в наборі усіх можливих ситуацій на цьому визначена. Наприклад, вірогідність, що маршрут є відкриваються для польотів є:

$$p_0 = \frac{\mu}{\lambda + \mu} \frac{\gamma(\lambda + \mu + \gamma)}{\gamma(\lambda + \mu + \gamma) + q(\mu + \gamma)} \quad (2.24)$$

і ймовірність того, що маршрут спостерігається Несприятливі погодні умови метеорологічний умова одно:

$$p_2 = K_{\Pi_M} \quad (2.25)$$

Спосіб прогнозування ефективності маршруту авіації в стан без канцтоварів режиму його використання в зв'язку зі зміною часу параметра потоку замовлень для польотів і параметра потоку появи небезпечних метеорологічних умов вважаються, У той же час вважається, що потік небезпечних метеорологічних факторів на шосе і потік літаків протягом року є залежностями, що не паперове.

Відомо, що висота хмари змінюється відповідно до закону  $h(t)$ , де  $h(t)$ , в першому наближенні лінійної функції з випадковою змінною:

$$h(t) = h_0 + at + \xi(t), \quad (2.26)$$

де  $h(t)$  - випадкова функція.

Моделювання процесу з використанням статистичних даних кліматичних параметрів. Вибірки коефіцієнт кореляції для пари можливостей висоти НМХ і ГДВ може бути, оцінений наступним чином:

$$r_{hd} = \frac{\sum_{i=1}^N h_{li} d_{vi} - N \bar{h}_l \bar{d}_v}{\left[ \left( \sum_{i=1}^N (h_{li})^2 - N (\bar{h}_l)^2 \right) \left( \sum_{i=1}^N (d_{vi})^2 - N (\bar{d}_v)^2 \right) \right]^{1/2}} \quad (2.27)$$

Де  $h_{li}$  - вибірка висоти НМХ;

$d_{vi}$  - вибірка ГДВ;

$\bar{h}_l, \bar{d}_v$  - вибірка середньої НМХ і ГДВ, відповідно.

Формула (2.27) обчислює коефіцієнти кореляції пари зразків висот НМХ і ГДВ від мінімальної до максимальної можливості. У табл. 2.1. дані про відповідність значень наведені і в табл. 2.2. - Деякі результати розрахунків. У кліща. 2.9 і 2.10 показаний приклад пара графіків - число повторень вимірювань для НМХ <300 - ГДВ <2000.

Таблиця 2.1 - Валідні значення

НМХ, м	< 60	< 90	< 120	<150	< 180	< 240	< 300
ГДВ, м	< 250	< 400	< 600	< 800	<1 000	< 1200	< 2000

Таблиця 2.2 - Результати розрахунків

Дані	НСВ < 60 – HRV <250	НСВ <150 – HRV <800	НСВ < 300 – HRV <2000
Коефіцієнт кореляції $r_{hv}$	$\approx 0.86$	$\approx 0.93$	$\approx 0.93$

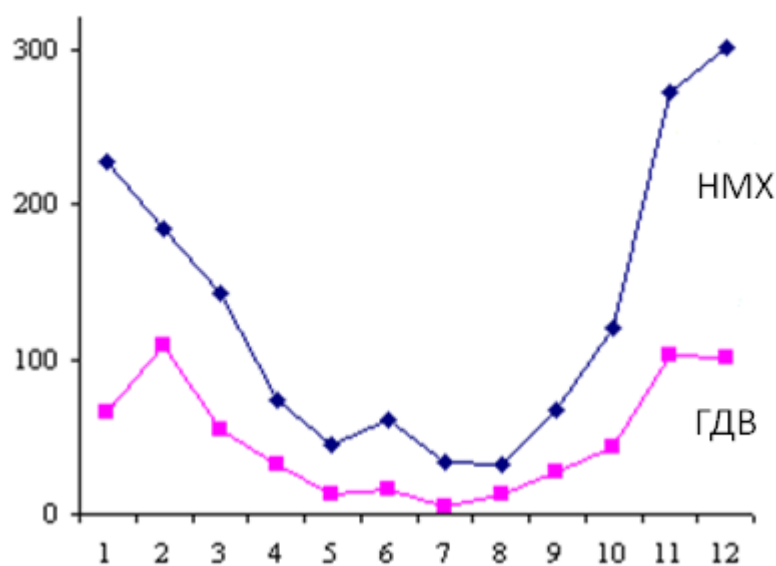


Рисунок 2.7 - Граф числа повторень результатів виміру

У цих вимірах, емісії, які викликають випадкові чинники, які не пов'язані з моделями мінливості метеорологічних елементів, спостерігаються, щоб прискорити емісії, ми організовуємо послідовності подарував їх у формі серій (Рис. 2.7).

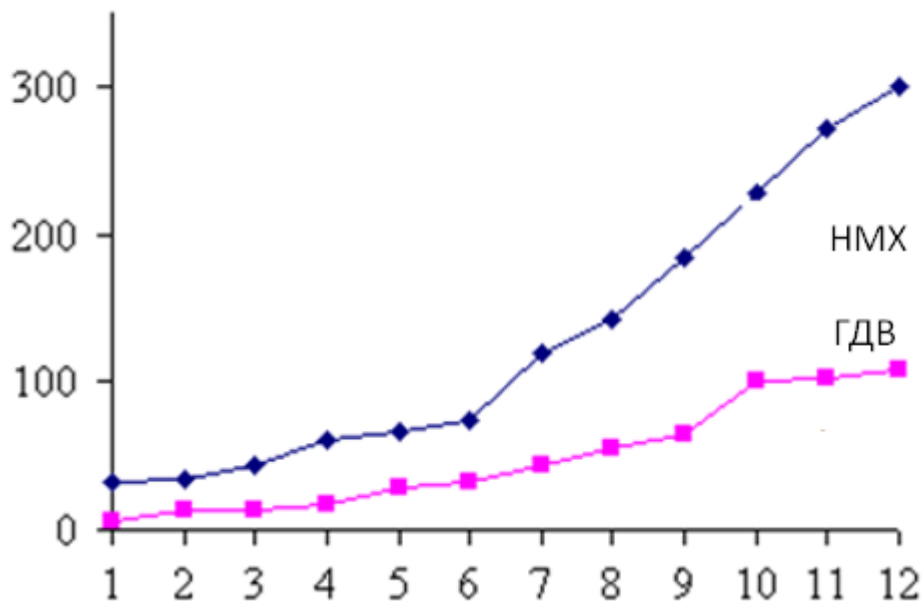


Рисунок 2.8 - Упорядкована послідовність НМХ і ГДВ

З даними, такі як згладжування, то коефіцієнти кореляції пар селективних можливостей стати ще ближче до одного, як можна, видно з табл. 2,3.

Таблиця 2.3 - Результати розрахунків

Дані	НСВ < 60 – HRV < 250	НСВ < 150 – HRV < 800	НСВ < 300 – HRV < 2000
Коефіцієнт кореляції $r_{hv}$	$\approx 0.988$	$\approx 0.99$	$\approx 0.975$

При розрахунку прямого методу і з попереднім згладжуванням даних, результат є сильною кореляцією протиправної досліджених зразків, тому слід очікувати високу точність прогнозу з використанням методи регресійного аналізу.

Регресивний аналіз - секція математичної статистики, присвятив методам аналізу залежності одного значення від іншого. Відмінність від цього на відміну від аналізу кореляції не з'ясовує чи істотні стосунки, і притягується до пошуку моделі цього з'єднання, виразили у функції регресу.

Регресивний аналіз використаний, якщо стосунки між змінними можуть бути виражені кількісно у формі деякої комбінації цих змінних.[6] Результуюча комбінація використана, щоб передбачити значення, яке цільова (залежна) змінна може узяти, яке

обчислюється на цьому наборі цінностей вхідних (незалежний) змінних. У найпростішому випадку, стандартні статистичні методи як наприклад лінійний регрес використані для цього. На жаль, більшість реальних моделей не вкладаються в лінійну регресію. У статистиці, лінійна регресія є методом моделювання відносин протиправного скаляра і вектор  $y$  (в загальному випадку) змінну  $X$ . Якщо змінна  $X$  є скалярною, регресія називається простою.

При використанні лінійної регресії, відносини незаконних даних, змодельовані за допомогою лінійних функцій, і невідомі параметри моделі оцінюються за вхідними даними. Як і інші методи регресійного аналізу, лінійної регресії  $y$  повертає розподіл ймовірностей  $X$ , а не в залежності від розподілу ймовірностей спільного  $y$  і  $X$ , яка відноситься до області багатовимірного аналізу.

При обчисленні параметрів моделі лінійної регресії, найменш методом найменших квадратів, як правило, використовується. Цей метод, запропоноване щось загальновідомі математики, С. А. Лежандра і Гаус[7]. Суть цього методу: нехай емпірична формула має вигляд

$$y = F(x; a_1, a_2, \dots, a_m) \quad (2.28)$$

Де,  $a_1, a_2, \dots, a_m$ , — невідомі коефіцієнти, такі як коефіцієнти повинні бути знайдені  $a_i$  ( $i=1, 2, \dots, m$ ), для якого кривого (1) знаходяться якомога ближче до всіх  $n$  точки  $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$ , знайдено експериментально. Цілком очевидно, що ні один з експериментальних не вказує точно задовольняє рівняння (2.28). Відхилення від підміни  $y$  координат  $(x_i, y_i)$  рівняння (2.28) будуть рівні значенням  $\delta_i = y_i - F(x_i; a_1, \dots, a_m)$  ( $i=1, 2, \dots, n$ ).

За методом найменших квадратів, кращі можливості коефіцієнтів  $a_1, a_2, \dots, a_m$  ті, для яких сума квадратів відхилень

$$S(a_1, a_2, \dots, a_m) = \sum_{i=1}^n \delta_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - F(x_i; a_1, \dots, a_m))^2 \quad (2.29)$$

Експериментальні дані, розраховані за емпіричною формулою (2.28) є найменшим. З цього випливає, що величина (2,29), яка є функцією коефіцієнтів  $a_1, a_2, \dots, a_m$ , повинна мати мінімум. Необхідна умова для мінімізації функції її





Розроблена методика оцінки та прогнозування може бути, використовується для створення апаратного, програмного забезпечення і комп'ютерних систем для вимірювання метеорологічної безпеки.

### **3 МОДЕЛЮВАННЯ ТА КОНСТРУЮВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ**

#### **3.1 Функціональні вимоги**

Функціональні вимоги обумовлюють основну системну поведінку. По суті, вони те, що система робить або не повинна робити, і може бути думкою в термінах того, як система відповідає вкладам. Функціональна вимога це опис послуги, яку має пропонувати програмне забезпечення. Він описує програмну систему або її компонент. Функція це не що інше, як вхідні дані в програмну систему, її поведінку та результати. Це може бути обчислення, обробка даних, бізнес-процес, взаємодія з користувачем або будь-яка інша специфічна функціональність, яка визначає, яку функцію система може виконувати. Функціональні вимоги також називаються функціональними специфікаціями.

У програмній інженерії та системній інженерії функціональна вимога може варіюватися від абстрактного твердження високого рівня про необхідність відправника до детальних математичних специфікацій функціональних вимог. Функціональні вимоги до програмного забезпечення допомагають визначити передбачувану поведінку системи.

Функціональними вимогами до програмного забезпечення, що розробляється, є:

F1. Програмне забезпечення має надавати можливість користувачеві вводити вручну.

F2. Програмне забезпечення має обробляти дані користувача.

F3. Програмне забезпечення має використовувати дані з інтернету.

F4. Програмне забезпечення перетворює дані отримані на вхід у метеодовідку типу METAR.

F5. Програмне забезпечення обчислює коефіцієнти для системи рівнянь, наведеної вище.

F6. Програмне забезпечення повинно знаходити передбачуване значення ГДВ на основі значень НМХ.

F7. Програмне забезпечення використовує закон Гаусса для розрахунку.

F8. Програмне забезпечення не потребує входу.

F9. Програмне забезпечення виводить результуючу метеодовідку для користувача.

### 3.2 Нефункціональні вимоги

Поки функціональні вимоги визначають, що система робить або не повинна робити, нефункціональні вимоги конкретизують, як система повинна зробити це. Нефункціональні вимоги не впливають на основну функціональність системи (отже ім'я, нефункціональні вимоги). Навіть якщо нефункціональних вимог немає зустрівся, система все ще виконуватиме свою основну мету.

Якщо система все ще виконуватиметься без відповідності нефункціональним вимогам, чому вони важливі? Відповідь зручність. Нефункціональні вимоги визначають системну поведінку, особливості, і загальні характеристики, які впливають на користувача, досвідчені. Як хороші нефункціональні вимоги визначені і виконується визначає, як легко система використовувати, і звик до продуктивності системи судді. Нефункціональні вимоги майном продукту і зосереджуються на призначених для користувача очікуваннях. багато прикладів прикладів, але у той час поки думають про функціональні вимоги, що система завантажує веб-сторінку після того, як хто-небудь клацає по кнопці, має бути пов'язана нефункціональна вимога, що конкретизує, як швидко веб-сторінка повинна завантажитися. Без користувацького досвіду і сприйняття якості ризик, що користувач буде змушений чекати занадто довго, хоча функціональні вимоги повністю виконаними.

Нефункціональними вимогами до програмного забезпечення, що розробляється, є:

NF1. Користувач повинен вводити дані в умовах, заданих системою.

NF2. Програмне забезпечення має бути портативним. Тому перехід з однієї ОС на іншу ОС не створює жодних проблем.

NF3. Необхідно перевірити конфіденційність інформації, експорт обмежених технологій, права інтелектуальної власності тощо.

NF4. Система використовує час ПК.

NF5. Програмне забезпечення має доступ до інтернету

### 3.3 Архітектура програмного забезпечення

Загалом існує багато різних типів архітектур, які успішно використовуються. Однією з найбільш часто використовуваних є класична трирівнева система, яка передбачає поділ програми на три рівні.

Багатошарова архітектура фокусується на ієрархічному розподілі окремих частин системи шляхом ефективного розділення відносин. Кожна частина відповідає певному рівню (шару), для кожного рівня встановлюються функції, які вона виконує, рівні вибудовуються в структуру стека (тобто вони розташовуються один на іншому).

Основні принципи багатошарової архітектури:

- дизайн чітко встановлює розподіл функцій між рівнями;
- нижні рівні не залежать від верхніх рівнів;
- верхні рівні викликають функції нижчих рівнів, але взаємодіють лише суміжні рівні ієрархії.

Використання багатошарової архітектури забезпечує наступні переваги:

- ізоляція. Розробка та оновлення програмного забезпечення може бути ізольована за допомогою одного рівня;
- продуктивність. Розподіл рівнів для окремих фізичних комп'ютерів покращує продуктивність та стійкість до несправностей;
- тестованість. Рівні дозволяють проводити незалежне тестування.

Додаток складається з трьох шарів (рис. 3.1): рівень презентації, рівень бізнес логіки та рівень даних.



Рисунок 3.1 – Узагальнене представлення додатку

### 3.4 Поведінка програмного забезпечення

Найкращий спосіб визначити поведінку програми - це створити діаграму використання (Use Case Diagram) (рис. 3.2.). Приклад використання описує сценарій взаємодії учасників (як правило, користувача та системи). Учасників може бути 2 і більше. Користувач може виступати як особою, так і іншою системою. Якщо вам потрібна якісна, повна специфікація вимог - наркомани чудово в цьому допоможуть. Існують системи для розробки та супроводу, специфікація вимог, що містять модель даних, опис інтерфейсу, інтеграцію з іншими системами та наркоманами - це дуже хороший варіант.

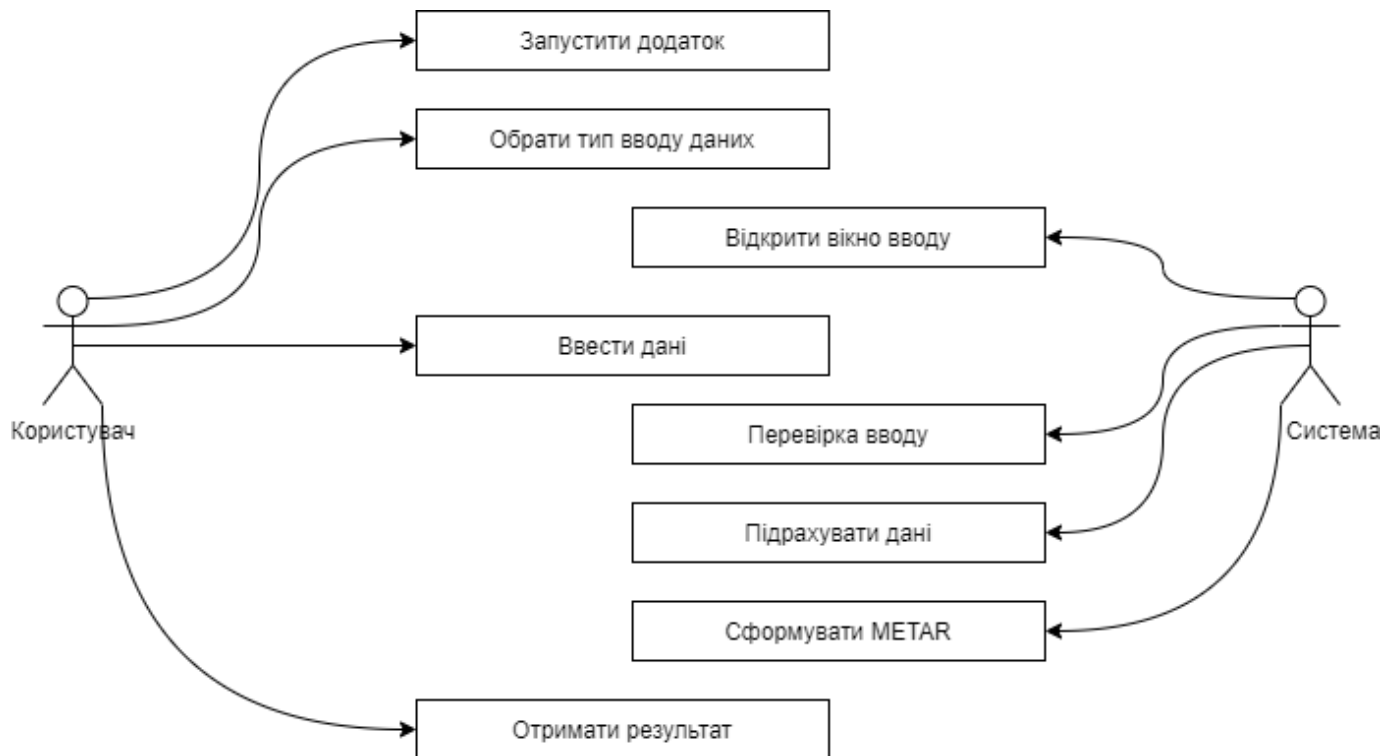


Рисунок 3.2 - Діаграма варіантів використання

Потік, в якому користувач повинен працювати з додатком, представлений діаграмою активності. Діаграма діяльності - це, в основному, блок-схема, яка представляє перехід від однієї діяльності до іншої. Діяльність можна описати як роботу системи.

Контрольний потік здійснюється від однієї операції до іншої. Цей потік може бути послідовним, розгалуженим або паралельним.

Діаграми діяльності дозволяють моделювати складний життєвий цикл об'єкта з переходами з одного стану (діяльності) в інший. Але такий тип діаграми також може бути використаний для опису динаміки колекції об'єктів. Вони також застосовуються до деталей конкретної операції, і, як ми побачимо нижче, вони надають більше можливостей, ніж "класична" блок-схема.

Діаграми діяльності описують перехід від однієї діяльності до іншої, на відміну від діаграм взаємодії, де акцент робиться на переходах потоку управління від об'єкта до об'єкта.

Діаграма діяльності цього типу добре відображає:

- послідовність дій;
- події, що ініціюють дії або є кінцевим результатом;

- умови розширення сценарію.

Ви можете застосувати "доріжки" для відображення відповідності діяльності певному користувачеві або Системі до цієї діаграми. Оскільки в нашому випадку всі дії виконуються Користувачем та системою (Додаток А).

Цей спосіб ілюстрування бізнес-процесу може охоплювати не тільки дії, що відбуваються всередині, система, що розробляється, але і за її межами, що необхідно для чіткого уявлення про процес у цілому (Рисунок 3.3).

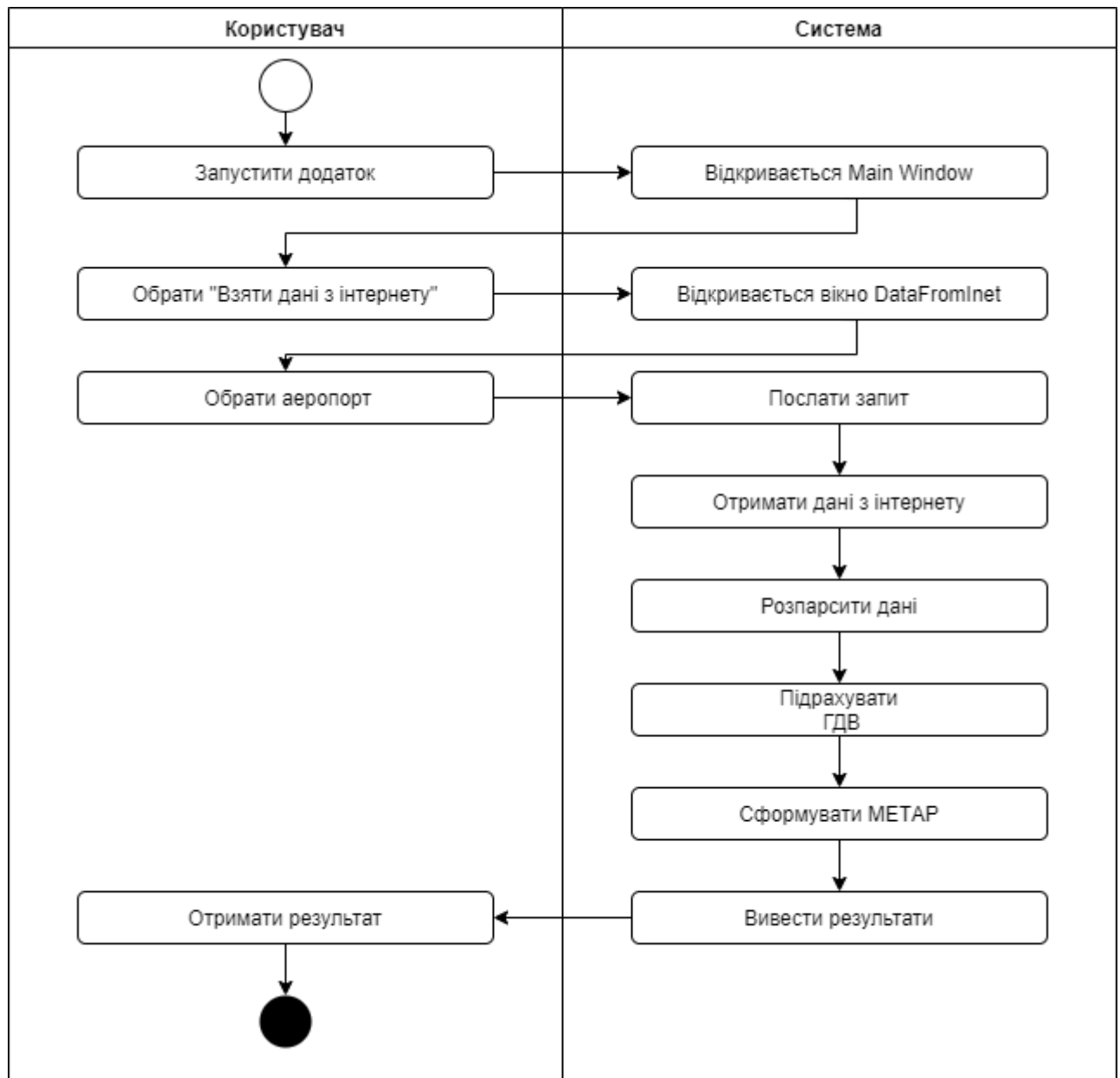


Рисунок 3.3 - Діаграма діяльності для Інтернет даних

### 3.5 Структура класів додатку

Діаграма класів показує будівельні блоки будь-якої об'єктно-орієнтованої системи. Діаграми класів зображують статичний вигляд моделі або частини моделі, описуючи, які атрибути та поведінку вона має, а не деталізуючи методи досягнення операцій. Діаграми класів є найбільш корисними для ілюстрації відносин між класами та інтерфейсами. Узагальнення, агрегації та асоціації є цінними для відображення спадщини, складу чи використання та зв'язків відповідно [5].

Представляючи суть реального світу, розробник повинен відображати їх поточний стан, їх поведінку та їх взаємні стосунки. На кожному етапі абстракція складається з неважливих деталей та понять, які не стосуються реальності. Класи можна переглядати з позицій різного рівня. Як правило, їх розрізняють три основні: аналітичний рівень, рівень проектування та рівень реалізації:

На рівні аналізу клас містить лише ескіз загальних контурів системи і працює як логічна концепція доменного домену або програмного продукту.

На проектному рівні клас відображає основні дизайнерські рішення щодо розподілу інформації та запланованих функціональних можливостей, поєднуючи інформацію про стан та діяльність.

На рівні реалізації клас вдосконалюється до такої міри, в якій він є найбільш придатним для реалізації у вибраному середовищі розробки; при цьому не заборонено впускати в нього загальні властивості, які не застосовуються у вибраній мові програмування.

Детальний опис класів та функцій наведений у таблиці 3.1

Таблиця 3.1 – Класи, функції системи та їх опис

Клас	Назва	Опис
Approximation _Calculation		Клас у якому знаходяться методи для обчислення ГДВ



Продовження таблиці 3.1

Клас	Назва	Опис
Approximation _Calculation	Calculation(int DEGREE,int NOPTS, float[] X, float[] Y, float[] COEF)	Цей метод отримує результати від методів NORMEQ та GAUSS, зберігає результати та передає їх у зовнішню частину програми.
Approximation _Calculation	NORMEQ(int DEGREE, int DEGP1, int NOPTS, float[] X, float[] Y, float[] COEF)	Цей метод встановлює нормальні рівняння.
Approximation _Calculation	GAUSS(int DEGREE, int DEGP1, float[] RHS, float[] COEF, float[,] SUM1)	Коефіцієнти ступеня полінома DEGREE обчислюються цим методом, що є найкращим наближенням даних точок X, Y в сума NOPTS.
Approximation _Calculation	CalculateHRV(float X, float[] COEF)	ГДВ, розрахована в основі хмарної бази X та коефіцієнтів COEF.
Metar		Клас, який відповідає за формування довідки METAR. Тут проходить конвертація параметрів введених користувачем або узятих з інтернету.

## Продовження таблиці 3.2

Metar	public String CreateMETAR()	Метод відповідає за парсинг результату, отриманого через запит до інтернету.
Metar	CreateUSERMETAR()	Метод відповідає за парсинг даних отриманих від ручного вводу користувача.
Metar	ExtractParam()	Метод, який дістає наступний параметр указаний у запиті
Metar	CutExtractParam(string catParam)	Метод, який знаходить перше входження певного слова чи фрази та дістає наступний параметр
Metar	CutParam(string catParam, int index)	Метод, що відрізає запит до першого входження певного слова/символа.
Metar	CheckParam(string catParam)	Перевірка чи існує певний параметр далі у контексті.
Metar	transformValues(String identifier, String icao, String time, String windValue, String windDirection, String hv, String dv, String weather, String cloudType, String ng, String tempr, String press, String weatherBefore, String windShift, String TrendParams)	Метод, який збирає усі конвертовані дані і формує довідку.

Продовження таблиці 3.1

Metar	calculateHRV(String ngo,String dv)	Метод для конвертації введених значень у формат, який потрібен щоб відповідний метод у класі Approximation _Calculation відпрацював правильно.
Metar	convertTime(String time)	Метод, що бере час та дату системи, з якої виділяє день місяця, і кодує частину METAR пов'язану із часом.
Metar	convertWind(String windDirection, String windValue)	Метод для перетворення напрямку вітру та його швидкості у відповідний код.
Metar	convertWeather(String weather)	Метод для конвертації погодних умов у буквенний код
Metar	convertClouds(String cloudType, String ngo)	Метод, який конвертує тип хмар та об'єднує їх із показником НМХ.
InternetData		Клас який відповідає за запити в інтернет.
InternetData	GetInternetData(String content,String airport)	Метод, яким ми отримуємо інтернет результат для подальшої обробки.
Database		Клас, який потрібен для зв'язку з базою даних

Продовження таблиці 3.1

Database	Select(String selectSQL)	Метод, який зберігає сформовану МЕТАР у базу даних.
DataFromInet		Клас який формує вікно «Дані з Інтернету» та відповідає за функції цього вікна
DataFromInet	ComboBox_SelectionChanged(object sender, SelectionChangedEventArgs e)	Метод, який заповнює параметр код аеропорту саме тим аеропортом, що обрав користувач
DataFromInet	Button_Click_1(object sender, RoutedEventArgs e)	Метод, який відповідає кнопці «Сформувати МЕТАР» та запускає виконання усіх даних
UserInput		Клас який формує вікно «Користувацький ввід» та відповідає за функції цього вікна
UserInput	Airport_SelectionChanged(object sender, SelectionChangedEventArgs e)	Метод, який заповнює параметр код аеропорту саме тим аеропортом, що обрав користувач
UserInput	WindDirection_SelectionChanged(object sender, SelectionChangedEventArgs e)	Метод, який потрібен для вилучення введеного користувачем напрямку вітру, та його конвертацією.

Продовження таблиці 3.1

UserInput	SelectWeather_SelectionChanged (object sender, SelectionChangedEventArgs e)	Метод, який записує обрану користувачем погоду до відповідної змінної.
UserInput	NGOValue_TextChanged(object sender, TextChangedEventArgs e)	Метод, що бере введене значення та трансформує його у значення НГО.
UserInput	WSpeedValue_TextChanged(object sender, TextChangedEventArgs e)	Метод, що після зміни користувачем швидкості вітру передає це значення у відповідну змінну.
UserInput	Temp_TextChanged(object sender, TextChangedEventArgs e)	Метод, який записує введenu користувачем температуру до відповідної змінної.
UserInput	Pressue_TextChanged(object sender, TextChangedEventArgs e)	Метод, що бере введене значення та трансформує його у значення тиску.
UserInput	FormMetarButton(object sender, RoutedEventArgs e)	Метод, який збирає усі введені значення, перевіряє їх валідність та визиває відповідний метод класу МЕТАР

### 3.6 Приклади роботи програмного забезпечення

Додаток складається з 3 вікон:

- головне вікно (рис. 4.2.);
- вікно ручного вводу (рис. 4.3.);
- вікно Взяти дані з Інтернету (рис. 4.4.).

Головне вікно (рис. 3.6) - це вікно, яке відповідає за вибір способу введення та вихід з додатку. Кнопка «Ввести дані вручну» відкриває Вікно ручного вводу, а кнопка «Взяти дані з інтернету» відкриває вікно для того щоб взяти дані з інтернету.



Рисунок 3.6 - Головне вікно

Вікно ручного вводу (рис. 3.7) У списку «Оберіть аеропорт» потрібно обрати аеропорт для якого складатиметься довідка. У поле «Введіть висоту хмар» потрібно ввести висоту нижньої межі хмар, а у поле «Введіть тип хмар» треба ввести тип хмар. Якщо хмари розташовані у декілька шарів, то у поле потрібно ввести декілька значень через кому. У поле «Дальність видимості на ЗПС» потрібно ввести дальність видимості саме на ЗПС, якщо ж користувачу потрібно сформулювати METAR для власного користування, то вводити це значення не потрібно. У списку «Оберіть напрямок вітру» потрібно обрати напрямок вітру згідно частини світу. У списках оберіть погодні явища та оберіть додаткове погодні явище потрібно обрати найближчий варіант погоди згідно тієї що є зараз. У поля «Введіть швидкість вітру», «Введіть температуру», «Введіть тиск» треба ввести швидкість вітру, температуру та тиск відповідно, згідно вашим вимірам. Після того як все було введено, потрібно натиснути кнопку «Сформувати METAR», після цього «Результат» заповниться.

The 'UserInput' window contains the following fields and controls:

- Оберіть аеропорт**: A dropdown menu.
- Введіть висоту хмар**: A text input field.
- Оберіть напрямок вітру**: A dropdown menu.
- Введіть швидкість вітру**: A text input field with units 'м/с'.
- Введіть тип хмар**: A text input field.
- Оберіть погодне явище**: A dropdown menu.
- Введіть температуру**: A text input field with units 'C'.
- Дальність видимості на ЗПС**: A text input field.
- Оберіть додаткове погодне явище**: A dropdown menu.
- Введіть тиск**: A text input field with units 'мм.рт.ст'.
- Сформувати METAR**: A button.
- Результат**: A large text area for the output.
- Закрити**: A button in the bottom right corner.

Рисунок 3.7 - Вікно ручного вводу

Вікно Взяти дані з Інтернету (рис. 3.8) У списку «Оберіть аеропорт» потрібно обрати аеропорт для якого складатиметься довідка. Після цього потрібно натиснути кнопку «Сформувати METAR», і почекати поки «Результат» заповниться.

The 'DataFromInet' window displays the following information:

- Оберіть аеропорт**: A dropdown menu showing 'Міжнародний аеропорт «Бориспіль»'.
- Сформувати METAR**: A blue button.
- Результат:** A text area containing the METAR string: `METAR UKBB 221119Z 22512KT 20967 R01/Overcast OVC4000 03/03 Q1020`.
- Закрити**: A button in the bottom right corner.

Рисунок 3.8 - Вікно Взяти дані з Інтернету

### 3.7 Опис тестових випадків

Кожна система, яку використовуються, повинна бути протестованою. Було створено матрицю трасування, яка вказує на випадки помилок програмного забезпечення. У Таблиці 3.2 показано матрицю трасування.

Таблиця 3.2 - Матриця трасування функціональних вимог

Вимоги/ Випадки	Дані не введені	Неправильне значення введено	Немає інтернету	Введено невалідні символи	Немає доступу до БД	Кнопка не відповідає на натиск
Робота з даними інтернету	X	X	X	X	X	X
Ручний ввід	X	X	X			

Матриця трасування наявно вказала на проблемні місця, які потрібно виправити. Для забезпечення надійності систему, потрібно довиконати функціонал.

Після аналізу матриці трасування було з'ясовано, які випадки ще не покриті кодом та функціоналом для забезпечення повної надійності.

#### Висновок до розділу

Життєвий цикл розробки програмного забезпечення починається з фази аналізу, під час якої учасники процесу обговорюють вимоги до кінцевого продукту. Метою цього етапу є визначення детальних системних вимог. Крім того, необхідно



переконатися, що всі учасники правильно розуміють цілі та те, як саме кожна вимога буде реалізована на практиці.

Під час проектування розробляються дизайнерські рішення для вибору платформи, де функціонуватиме система мови або мов реалізації, призначаються вимоги до користувацького інтерфейсу, визначається найбільш підходяща СУБД. Розробляється функціональна специфікація програмного забезпечення: вибирається архітектура системи, вказуються вимоги до обладнання, набір орг. діяльність, необхідна для впровадження програмного забезпечення, а також перелік документів, що регламентують його використання.

У цій главі реалізовано перші кроки життєвого циклу розробки. Щоб правильно створити додаток, спочатку слід створити вимоги. Тоді відповідно до вимог слід розробити випадки використання, програму та структуру бази даних.

Процес розробки програмного забезпечення - сукупність послідовних послідовних дій, спрямованих на розробку програмного забезпечення (програмного забезпечення).

Існує декілька моделей цього процесу, кожна з яких описує свій підхід у вигляді завдань та / або заходів, що відбуваються під час процесу. Вибір тієї чи іншої моделі здійснюється відповідно до обраної методології розробки програмного забезпечення.

Для реалізації задуманих завдань я вирішила використати методологію Waterfall. Методологія Waterfall - це традиційний інженерний підхід, що застосовується до програмної інженерії. Суворий підхід до Waterfall не рекомендує переглядати та переглядати будь-яку попередню фазу, коли вона буде завершена. Я вважаю цю методологію найкращим варіантом, оскільки її переваги включали:

- повна та узгоджена документація на кожному етапі;
- неважко визначити умови проекту.

Додаток складається з 7 класів та 3 вікон, розроблених на базі Visual Studio Community 2019 та його інструментів для створення продуктів WPF.

Кожне вікно має свої потреби і відіграє важливу роль у роботі програми, але не слід забувати про невидимі для користувача класи, які також відіграють важливу роль у потоці даних програми.

## 4 РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ

На даний момент існує необхідність у створенні програмного забезпечення пілотів що зможе швидко, якісно та з великою точністю формувати метеодовідку. Необхідно створити модуль для системи диспетчерського пункту який можна буде вбудувати в уже існуючу систему. Оскільки проект є досить серйозним, вимагає глибокого вивчення авіаційної специфіки, потребує постійного оновлення та використовує нові інженерні рішення, то можна назвати цей проект стартапом. Предметом даного дослідження є методи створення авіаційних метеодовідок та підрахунку параметрів.

### 4.1 Опис ідеї проекту

У таблиці 4.1 наведено опис ідеї стартап-проекту.

Таблиця 4.1 - Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Розробка системи для формування метеодовідки.	Кодування погоди у невеликий формат.	Одна текстова строка може розшифруватися у повноцінний прогноз погоди.
	Побудова плану польоту.	Саме у форматі метеодовідки авіатранспорт отримує інформацію для побудови польоту.
	Розрахунок поведінки у горах.	Додаток розраховує дальність видимості, а метеодовідка передає інформацію щодо рівнів хмар та вітру.

Для реалізації задуманих задач нам необхідно зробити аналіз конкурентів, щоб визначити в чому наш проект кращий, а в чому гірший за аналоги.

У таблиці 4.2 визначено сильні, слабкі та нейтральні характеристики ідеї проекту.

Таблиця 4.2 - Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№	Техніко-економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів			W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Проект, що розробляється	Aviation Weather	RainViewer			
1.	Вартісні характеристики	Безкоштовний	300грн/місяць	В залежності від кількості країн			+
2.	Якість	Продукт розробляється однією людиною, тому якість середня	Дуже якісний Продукт	Якісний продукт	+		
3.	Швидкість	Середня	Швидка	Швидка			
	Задоволення специфіці авіаційних задач	Програма робиться під авіаційні задачі	Частково покривають задачі	Частково покривають задачі			+
	Складність в експлуатації	Інтуїтивно зрозуміло	Є інструктаж	Є інструктаж			+

## Продовження таблиці 4.2

№	Техніко-економічні характеристик и ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів			W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Проект, що розробляється	Aviation Weather	RainViewer			
6.	Необхідність в подальшій технічній підтримці	Непотрібно	Бажано	Бажано			+

## 4.2 Технологічний аудит ідеї проекту

У таблиці 4.3 описана технологічна здійсненність ідеї проекту.

Таблиця 4.3 - Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
		Технологія (технологія виготовлення товару, надання послуги)	Чи вони наявні, або ж необхідно їх розробити/додати?	Чи вони доступні авторам проекту?
	Моделювання метеодовідки МЕТАР	Аналіз введених даних	Наявні (є у вільному доступі)	Доступні

Продовження таблиці 4.3

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
	Розрахунок горизонтальної дальності видимості	Математичні алгоритми	Наявна	Доступна
	Парсинг даних з інтернет ресурсів	Бібліотека WebClient	Наявна	Доступна

Обрана технологія реалізації ідеї проекту: з огляду на те що всі технології для реалізації ідей доступні, то ми можемо реалізувати всі заплановані ідеї.

#### 4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

На будь-якому авіакомплексі є потреба у передачі точних прогнозів на авіатранспорт. Також у гористих місцевостях та на гірських курортах завжди потрібно знати метеопказники на найближчий час, щоб забезпечити безпеку населення. При плануванні необхідно врахувати безліч чинників, що вимагає істотних тимчасових і фінансових витрат. Покращити якість визначення та підрахунку параметрів та Оптимізувати швидкість формування метеодовідки покликаний модуль «Формування метеодовідки» (АМ) від компанії AVI.

Використання AVI УМ допоможе ефективно та з більшою якістю планувати польоти та горно лижний відпочинок, завдяки таким можливостям:

- релевантні дані;
- збільшення точності підрахунку ГДВ;
- портативність.

## **Планування польоту авіазасобу**

Модуль «Формування метеодовідки» допоможе запланувати та розрахувати політ згідно усіх метеоумов що на нього впливають. Посадка та зліт також стануть безпечнішими, а використання авіазасобу більш надійним.

Модуль передбачує вбудову в диспетчерську систему аеродрому. Довідка формується у реальному часі та може бути швидко передана на авіазасіб.

## **Розрахунок ГДВ**

Модуль розраховує горизонтальну дальність видимості – один із найважливіших метеопоказників за абсолютно новим, більш точним методом. Параметр можна швидко підрахувати у реальному режимі або статистично прогнозувати завдяки даним що є у базі .

## **Організація гірнолижних подорожей**

«Формування метеодовідки» допоможе відслідкувати погодні зміни протягом певного часу та обрати момент найкращої видимості для безпечної та цікавої подорожі у гори.

## **Контроль записів погодних умов**

При формування метеодовідки усі записи дублюються у відповідну таблицю, що допомагає вести статистику та вдосконалювати систему. Дані записи можна використовувати для історичної довідки та підведення статистики. Окрім того такий збір даних дає можливість підбивати підсумки згідно певних часових проміжків та визначати закономірності у погодних періодах.

Задачею стартап проекту є програмний застосунок для оцінювання метеорологічних характеристик аеродрому та формулювання авіаційної метеодовідки, оптимізація підрахунку ГДВ згідно новим формулам.

У таблиці 4.4 наведено попередню характеристику потенційного ринку стартап-проекту.

Таблиця 4.4 - Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

<i>№ n/ n</i>	<i>Показники стану ринку (найменування)</i>	<i>Характеристика</i>
1	Кількість головних гравців, од	1
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	1,5 міль. дол.
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Юридичні обмеження
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Згідно авіаційним вимогам до програмного забезпечення
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	-

Ринок є достатньо привабливим оскільки існує потреба у створенні програмного продукту для авіатранспорту та мандрівників.

У таблиці 4.5 визначено характеристику потенційних клієнтів стартап-проекту.

Таблиця 4.5 - Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

<i>№ n/n</i>	<i>Потреба, що формує ринок</i>	<i>Цільова Аудиторія (цільові сегменти ринку)</i>	<i>Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів</i>	<i>Вимоги споживачів до товару</i>
1	Передача погодних умов пілотам	Диспетчерська служба аеродрому	Авіаційний регламент щодо програмного забезпечення	Безпека даних, інтуїтивна зрозумілість, компактність результату, точність
2	Інформація про погоду на різних висотах	Високогірні туристи	Можливість інтеграції у додаток	Компактність додатку, мінімальне використання інтернету, точність

Для реалізації проекту необхідно оцінити фактори загроз та можливостей. Цей аналіз зможе зберегти нам час в майбутньому та допоможе поставити чіткіші задачі в проєкті.

У таблиці 4.6 визначені фактори загроз.

Таблиця 4.6 - Фактори загроз

<i>№ n/n</i>	<i>Фактор</i>	<i>Зміст загрози</i>	<i>Можлива реакція компанії</i>
	Авіаційний регламент	Відповідність авіаційному регламенту	Уточнити в аеродрому
	Ризики, що будуть гальмувати розвиток продукту	В якому напрямку слід рухати проєкт	Уточнити в аеродрому
	Задоволення потреб користувачів	Який набір функціоналу необхідний користувачу	Проаналізувати користувацькі потреби
	Конкуренція	Додатки конкурентів, додатки які використовуються для схожих цілей зараз	Зробити модуль невеликим, можливість інтеграції
	Криза	Падіння світової економіки	Заморозка розробки, робота без оновлень

У таблиці 4.7 визначені фактори можливостей.



Таблиця 4.7 - Фактори можливостей

<i>№ n/n</i>	<i>Фактор</i>	<i>Зміст можливості</i>	<i>Можлива реакція компанії</i>
	Зацікавлення представників з інших сфер діяльності	Адаптування програми під інші сфери діяльності	Можливість покращити розрахунки гдв к інших сферах діяльності
	Високий попит на продукцію	Функціонал додатку має зручне об'єднання функцій	Направленість на швидке охоплення ринку

У таблиці 4.8 описано ступеневий аналіз конкуренції на ринку.

Таблиця 4.8 - Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

<i>Особливості конкурентного середовища</i>	<i>В чому проявляється дана характеристика</i>	<i>Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)</i>
1. Вказати тип конкуренції чиста	Існують схожі програмні засоби проте вони всі вузько направлені.	Взяти усе найкраще у конкурентів та впровадити свої фічі.
2. За рівнем конкурентної боротьби Національний	Багато держав розробляють програми щодо покращення авіаперевезень.	Ці програми дуже багато коштують і нашої компанії потрібно трохи зменшити ціну.

Продовження таблиці 4.8

<i>Особливості конкурентного середовища</i>	<i>В чому проявляється дана характеристика</i>	<i>Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)</i>
3. За галузевою ознакою Внутрішньогалузева	Боротьба серед аналогів програм за клієнта	Необхідно створити кращий товар ніж у Конкурентів
4. Конкуренція за видами товарів: Товарно-видова	Існують багато схожих програм проте в моїй програмі буде ухил на авіаційну тематику.	Добре вивчити предметну область
5. За характером конкурентних переваг Нецінова	Програмне забезпечення буде суттєво відрізнятися від звичайних програм	Новаторські методи розрахунку параметрів, застосування власних розробок.
6. За інтенсивністю Не марочна	Фірма ще не набула достатньої популярності	Необхідність у створенні дійсно якісного продукту для завоювання довіри Клієнта, Співпраця з існуючими аналогами

У таблиці 4.9 представлено Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером.

Таблиця 4.9 - Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	Навести перелік прямих конкурентів	Визначити бар'єри входження в ринок	Визначити фактори сили постачальників	Визначити фактори сили споживачів	Фактори загроз з боку замінників
	Aviation Weather	Юридична частина	-	Гроші	Часткова заміна
Висновки :	Визначити інтенсивність конкурентної боротьби з боку прямих конкурентів	- чи є можливості входу в ринок? - чи є потенційні конкуренти? Строки виходу їх на ринок?	Чи постачальники диктують умови роботи на ринку? Які?	Чи клієнти диктують умови роботи на ринку? Які?	Обмеження для роботи на ринку через товари замінники
	Інтенсивність боротьби досить висока, оскільки конкуренти добре відомі	Для входу на ринок необхідно пройти багато бюрократичних процесів	Додаток повинен відповідати критеріям відповідності.	Виставляючи умови до програмного забезпечення	Мій програмний продукт буде відрізнятися більшою кількістю вирішення задач

Висновок: для того, щоб міцно витриматися на цьому ринку, необхідно повністю і повністю задовольнити побажання авіаційної галузі та розробити високоякісний програмний продукт, кращий за аналоги.

У таблиці 4.10 наведено обґрунтування факторів конкурентоспроможності.

Таблиця 4.10 - Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

<i>№ n/n</i>	<i>Фактор конкурентоспроможності</i>	<i>Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)</i>
	Ціна	Наявні аналоги невиправдано дорогі
	Легкість у користуванні	Непотрібно проходити ніяких курсів для використання програмного продукту
	Можливість подальшого розвитку та завоювання нових сфер	В майбутньому можна розширити сфери використання програмного продукту
	Часті оновлення бази	Робить додаток більш адаптованим для клієнтів з різними видами достатку.

У таблиці 4.11 наведено порівняльний аналіз сильних та слабких сторін проекту.

Таблиця 4.11 - Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін проекту

<i>№ n/ n</i>	<i>Фактор конкурентоспроможності</i>	<i>Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з моїм підприємством</i>						
		-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Ціна	+						
	Легкість у користуванні	+						

Продовження таблиці 4.11

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з моїм підприємством						
		-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
2	Можливість подальшого розвитку та завоювання нових сфер		+					
3	Часті оновлення бази			+				

У таблиці 4.12 наведено SWOT- аналіз стартап-проекту.

Таблиця 4.12 - SWOT- аналіз стартап-проекту

Сильні сторони: порівняно дешевша ціна, легкість в експлуатації, відсутня потреба у підтримці, часті оновлення бази	Слабкі сторони: мало ресурсів та часу для створення дійсно якісного продукту
Можливості: зацікавлення представників з інших сфер діяльності	Загрози: Висока конкуренція, криза задоволення потреб клієнтів

У таблиці 4.13 наведено альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту.

Таблиця 4.13 - Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

<i>№ п/п</i>	<i>Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки</i>	<i>Ймовірність отримання ресурсів</i>	<i>Строки реалізації</i>
	Стратегія спеціалізації	90%	1,5 роки
	Стратегія диференціації	50%	2 роки

Найкращим варіантом буде стратегія позиціонування за співвідношенням оскільки імовірність отримання ресурсів та строки реалізації є найбільш оптимальними.

#### 4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

У таблиці 4.14 наведено вибір цільових груп потенційних споживачів.

Таблиця 4.14 - Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
	Диспетчерські служби аеродрому	Готові	Високий	Середня, аналоги є, проте функціонал відрізняється	Середня складність, треба зацікавити користувачів
	Високогірні туристи	Готові	Середній	Низька, додатків для планування с такими функціями немає	Просто, функціонал досить унікальний та зручний у використанні
Які цільові групи обрано: Диспетчерські служби аеродрому, Високогірні туристи					

У таблиці 4.15 визначено базову стратегію розвитку.

Таблиця 4.15 - Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспромо жні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
	Орієнтація на український ринок	Ставка на потрібність системи та її простоту.	Співвідношення простоти використання та універсальності	Стратегія диференціації

У таблиці 4.16 визначено базову стратегію конкурентної поведінки.

Таблиця 4.16 - Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента?	Стратегія конкурентної поведінки*
	Ні	На 30% забирати існуючих, на 70% залучати нових	Так	Стратегія заняття конкурентної ніші

У таблиці 4.17 визначено стратегію позиціонування.



Таблиця 4.17 - Визначення стратегії позиціонування

<i>Вимоги до товару цільової аудиторії</i>	<i>Базова стратегія розвитку</i>	<i>Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту</i>	<i>Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)</i>
Кількість пам'яті	Стратегія диференціації	Не потребує багато пам'яті при роботі	Відчуття радості, додаток працює навіть якщо пам'яті дуже мало
Швидкість обробки даних	Стратегія диференціації	Висока швидкість за низьку ціну	Висока якість продукту, найшвидкісніше формування довідки
Трансфер погодних умов на авіатранспорт	Стратегія диференціації	Кодує погоду у короткий набір скорочень	Простота, зрозумілість, безпека
Дані про погоду на різних висотах	Стратегія диференціації	Має можливість для роботи з хмарами на різних рівнях сфери	Радість подорожей, видимість, гарні погодні умови

#### 4.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

У таблиці 4.18 визначено ключові переваги концепції потенційного товару

Таблиця 4.18 - Ключові переваги концепції потенційного товару

<i>№ n/n</i>	<i>Потреба</i>	<i>Вигода, яку пропонує товар</i>	<i>Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)</i>
	Передача погодних умов пілотам	Зручна програма для формування метеодовідки для передачі даних пілоту	Добре співвідношення ціни та якості
	Інформація про погоду на різних висотах	Модуль має можливість для роботи з хмарами на різних рівнях сфери	Добре співвідношення ціни та якості

У таблиці 4.19 описано три рівні моделі товару.

Таблиця 4.19 - Опис трьох рівнів моделі товару

<i>Рівні товару</i>	<i>Сутність та складові</i>
I. Товар за задумом	Система для формування метеодовідки
II. Товар у реальному виконанні	<p>Властивості/характеристики</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Вартість додатку.</li> <li>- Швидкість роботи.</li> <li>- Пам'ять.</li> <li>- Операційні системи.</li> <li>- Вартість обслуговування.</li> </ul> <p>Якість: Авіаційні стандарти та нормативи, Стандарт оцінювання відповідності безпеки додатків</p> <p>Пакування</p> <p>Марка: CommonGroup</p>

## Продовження таблиці 4.19

<i>Рівні товару</i>	<i>Сутність та складові</i>
III. Товар із підкріпленням	До продажу: гарантія якості Після продажу: технічна підтримка
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: захист інтелектуальної власності, партнерство із фірмами замовниками	

Необхідною складовою є аналіз ціни товару, що дозволяє планувати кількість ресурсів для розробки даного продукту.

У таблиці 4.20 визначено межі встановлення ціни.

Таблиця 4.20 - Визначення меж встановлення ціни

<i>№ п/п</i>	<i>Рівень цін на товари- замінники</i>	<i>Рівень цін на товари- аналоги</i>	<i>Рівень доходів цільової споживачів групи</i>	<i>Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу</i>
	900\$	1500\$	1300\$	900\$=1500\$

Для збуту програмного продукту необхідне представництво авіаційного департаменту, який зможе оцінити товар та допомагати у інтеграції програмного забезпечення.

У таблиці 4.21 описано формування системи збуту.

Таблиця 4.21 - Формування системи збуту

<i>№ п/п</i>	<i>Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів</i>	<i>Функції збуту, які має виконувати постачальник товару</i>	<i>Глибина каналу збуту</i>	<i>Оптимальна система збуту</i>
	Одиничні закупівлі, потреба у безконтактній закупівлі	Таргетована реклама, опис інформації про товар	1 рівень	Через сайт

Продовження таблиці 4.21

<i>№ п/п</i>	<i>Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів</i>	<i>Функції збуту, які має ви конувати постачальник товару</i>	<i>Глибина каналу збуту</i>	<i>Оптимальна система збуту</i>
	Масова закупка для мережі аеропортів	Домовленні з представниками аеропорту про кількість та ціну інтеграції	1 рівень	Через посередника

У таблиці 4.22 наведено концепцію маркетингових комунікацій.

Таблиця 4.22 - Концепція маркетингових комунікацій

<i>№ п/п</i>	<i>Специфіка поведінки цільових клієнтів</i>	<i>Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти</i>	<i>Ключові позиції, обрані для позиціонування</i>	<i>Завдання рекламного повідомлення</i>	<i>Концепція рекламного звернення</i>
	Орієнтовані на якість	Контент-маркетинг	Оптимальна ціна та якість, комплексний підхід	Показати якість продукту Залучити людей до користування, впевнити що це найкращий з аналогів	Безпека – це ми

### Висновок до розділу

- Існує необхідність у створенні цього програмного продукту.
- Є перспективи для реалізації цього проекту, оскільки подібні проекти не виправдано дорогі та низької якості.
- Слід зосередитись на одному авіаційному сегменті і ретельно вивчити внутрішні процеси в цій галузі.
- Подальша реалізація проекту цілком доречна.

## ВИСНОВКИ

Сьогодні, незважаючи на рівень прогресу, метеорологічні умови відіграють величезну роль як у безпеці польотів, так і у повсякденному житті користувачів, тому їх правильне вимірювання, розрахунки та передача важливі. Авіаційними перельотами користуються тисячі людей, тому все ще важливо вміти передбачити погоду наперед і передати ці дані в невеликому форматі.

В ході досліджень було встановлено, що нижня межа хмар та горизонтальна дальність видимості одні із найважливіших метеопараметрів що впливають як на зліт та посадку авіатранспорту, так і на повсякденне життя звичайних користувачів, в особливості тих, які подорожують.

Щоб знайти взаємозв'язок між такими змінними, слід обчислити коефіцієнт кореляції. Отже, можна передбачити зміну одного параметра на виміряних даних для іншого параметра. Цю методику також можна використовувати "у зворотному напрямку" - для прогнозування ГДВ за результатами вимірювання НМХ. Отже, метод розрахунку горизонтального діапазону видимості на основі вимірювань хмарної бази та статистичних даних попередніх вимірювань.

В результаті для знаходження горизонтального діапазону значення видимості потрібно пройти такі кроки:

- виміряйте висоту хмарної бази будь-яким методом, що забезпечує високу точність;
- за основою вимірювань горизонтального діапазону видимості та хмарної бази, зроблених раніше, визначте коефіцієнти рівняння;
- обчисліть горизонтальний діапазон видимості за допомогою фітінгу кривої найменших квадратів.

Цей спосіб детермінації привносить більш високу точність до горизонтального діапазону визначення значення видимості. Більше того, персонал аеропорту може взаємопов'язати цей спосіб вимірювання зі своїми базами даних, і відповідно до великої кількості вхідних даних коефіцієнти кореляції будуть знайдені набагато вищі.

Використання такого методу може зменшити кількість помилок, і метеодовідка, яка їх використовує буде більш точною та призведе до кращої якості розрахунків.

Всі теоретичні викладення доведені до практичної реалізації.

Для розробки програмного забезпечення було виведено вимоги: як функціональні, так і технічні. Завдяки вимогам, програмне забезпечення було протестовано. Основний функціонал працездатний.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- 1) Technology: How they are changed [Text] // Vox. — 2019. — Access mode: <https://www.vox.com/a/new-economy-future/technology-productivity>
- 2) Землянко Н.И., Халимон Н.Ф., Жадан Л.П. и др. Кліматична характеристика аеропорта Київ-Жуляни. — К.: КМУГА, 2000. — 172 с.
- 3) Мирський Г.Я. Характеристики стохастической взаимосвязи и их измерения. — М.: Энергоиздат, 1982. — 320 с.
- 4) Персин С.М. Современные тенденции развития аэродромных метеорологических информационно-измерительных систем // Метеоспектр, №1, 2008. — С. 140 – 143.
- 5) Руководство по метеорологическим приборам и методам наблюдений. — Шосте видання. ВМО № 8. Секретаріат Всесвітньої метеорологічної організації, Женева - Швейцарія, 2000. — 512 с.
- 6) Руководство по определению дальности видимости на ВПП (RVR). РД-52.21.680 – 2006.
- 7) Бочарников Н.В., Никишка П.Я., Солонін А.С. Дальність видимості на злітно-посадковій смузі та її визначення. - Санкт-Петербург, Гідрометіздат, 1999.- 70 с.
- 8) Іванов А.П. Оптика рассеивающих сред. — Мінськ, Наука і техніка, 1969. — 590 с.
- 9) Бендат Дж., Пирсол А. Измерение и анализ случайных процессов. — Перекл. с англ. — М.: Мир, 1974. — 463 с.
- 10) Марчук Г.І. Методы вычислительной математики. — М.: Наука, 1977. — 456 с.
- 11) Ахиезер А.И. Лекции по теории аппроксимации. — М. — Л: ОГИЗ ГОСТХИЗДАТ, 1947. — 323 с.
- 12) Шакіна Н.П., Нудельман Л.А. Вимоги до складання кліматичного опису аеродрому. — Москва, 2007. — 35 с.

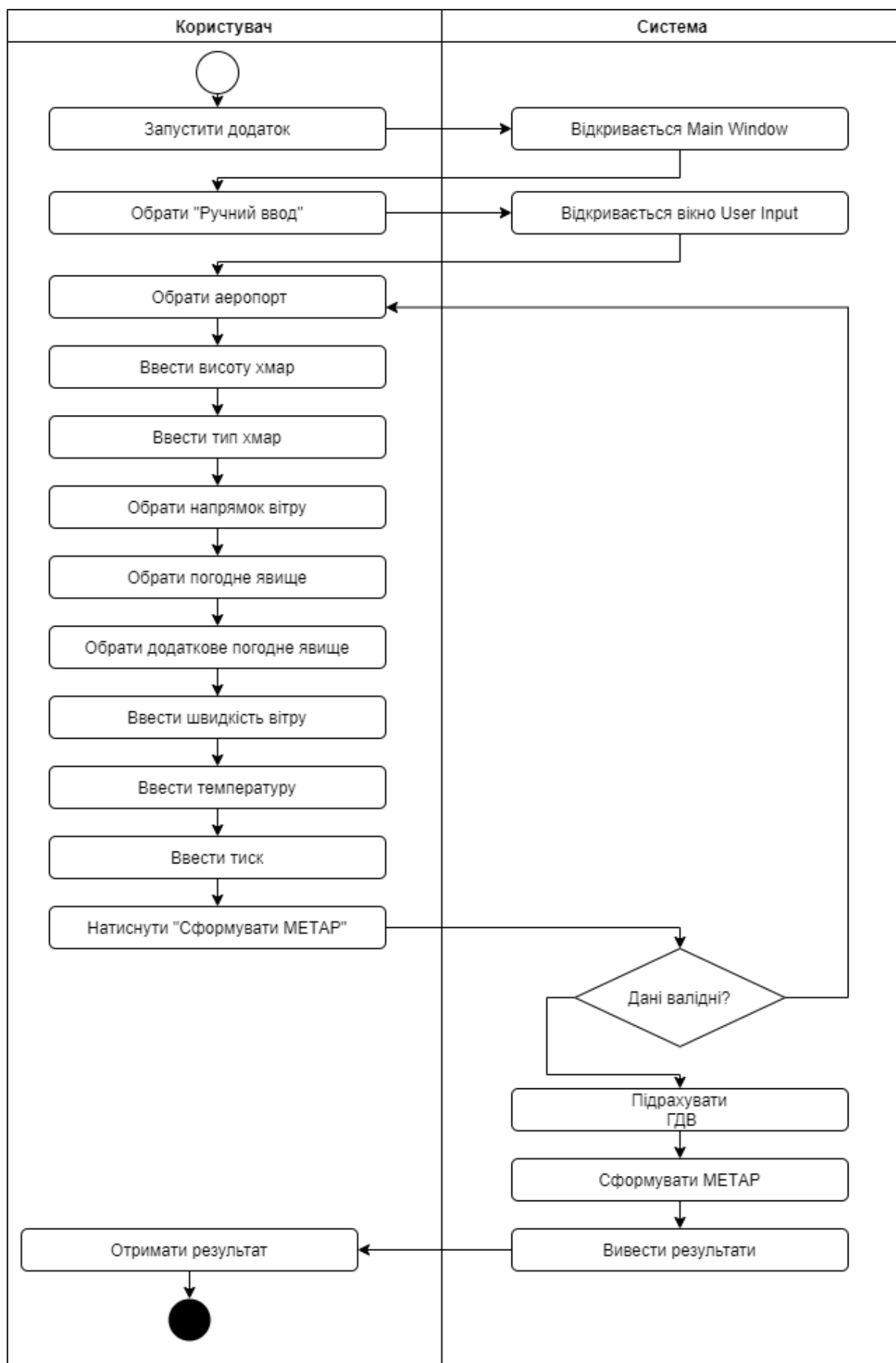


- 13) Коефіцієнт кореляції [Text] // Vox. — 2019. — Access mode:  
<http://www.ukr.vipreshebnik.ru/entsiklopediya/56-k/1501-koefitsient-korelyatsiji.html>
- 14) Лінійна регресія [Text] // Vox. — 2019. — Access mode:  
[uk.wikipedia.org/wiki/Лінійна\\_регресія](http://uk.wikipedia.org/wiki/Лінійна_регресія)
- 15) UML Tutorial [Electronic resource] // Vox. — 2018. — Access mode:  
[http://ima.udg.edu/~sellares/EINF-ES2/uml2\\_diagrams.pdf](http://ima.udg.edu/~sellares/EINF-ES2/uml2_diagrams.pdf)

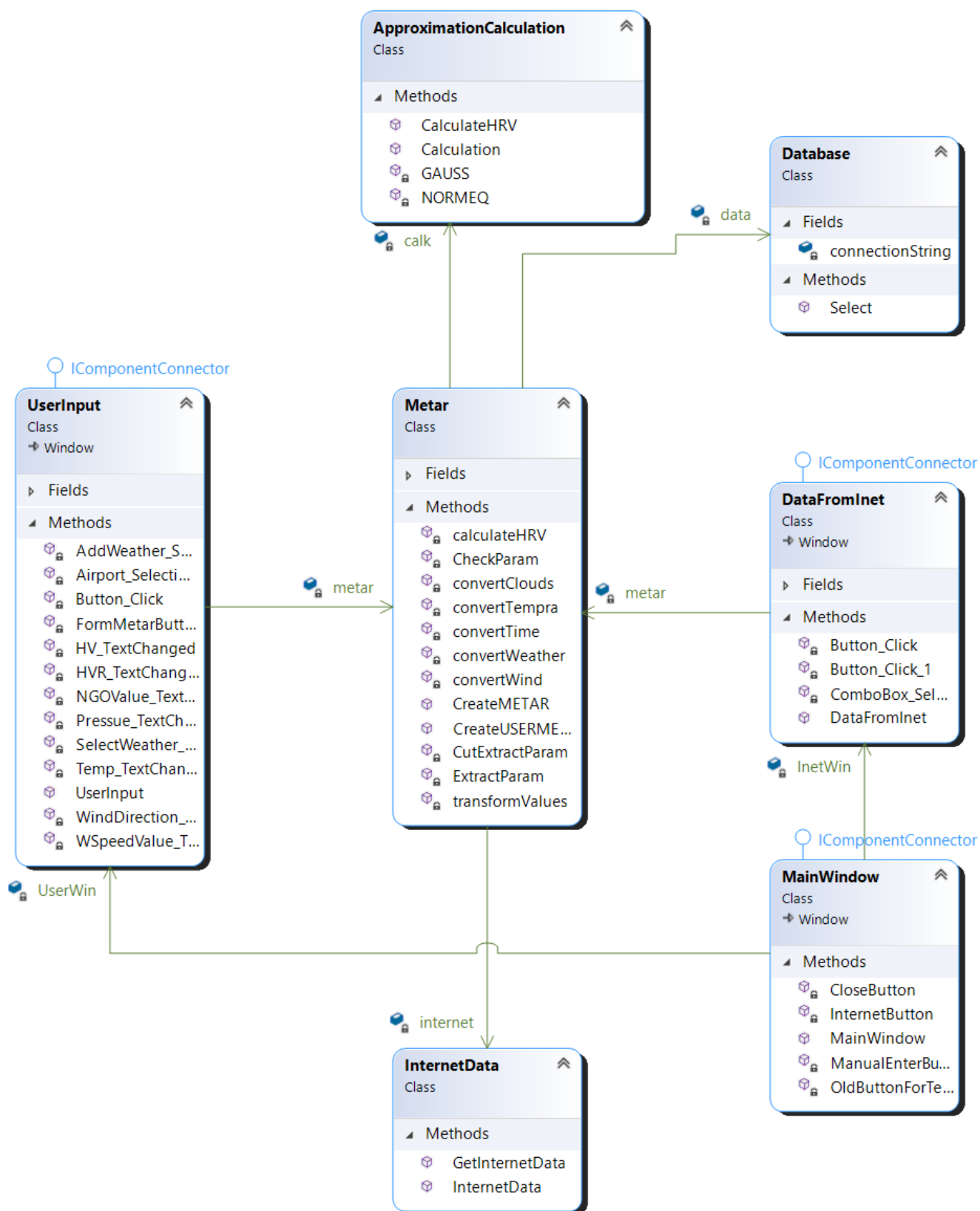
## **- ДОДАТОК А**

Графічний матеріал

Діаграма діяльності для ручного вводу



## Діаграма класів



## - ДОДАТОК Б

### Програмний код підрахунку ГДВ

```

public String Calculation(int DEGREE, int NOPTS, float[] X, float[] Y, float[] COEF,String
result)
{

    int DEGP1 = DEGREE + 1;
    NORMEQ(DEGREE, DEGP1, NOPTS, X, Y, COEF);

    for (int I = 0; I < NOPTS; I++)
    {
        Y[I] = (float)0.0;
        for (int J = 0; J < DEGREE + 1; J++)
        {
            Y[I] = Y[I] + COEF[J] * (float)Math.Pow(X[I], (J));
        }
    }

    for (int I = 0; I < NOPTS; I++)
    {
        if (Y[I] < 0)
        {
            Y[I] = (float)0.0;
        }
    }

    float res=0;
    for (int i = 0; i < NOPTS; i++)
    {
        res+=(Y[i]);
    }
    try
    {
        result = Convert.ToString(Convert.ToInt32(res / NOPTS));
    }
}

```

```

    }
    catch (Exception) { }
    return result;
}
static void NORMEQ(int DEGREE, int DEGP1, int NOPTS, float[] X, float[] Y, float[]
COEF)
{
    int DEGT2;
    float[] POWX = new float[200];
    float[] RHS = new float[DEGREE + 1];
    float[,] SUM1 = new float[DEGREE + 1, DEGREE + 1];
    DEGT2 = DEGREE * 2;
    for (int I = 0; I < DEGT2; I++)
    {
        POWX[I] = (float)0.0;
        for (int J = 0; J < NOPTS; J++)
        {
            POWX[I] = POWX[I] + (float)Math.Pow(X[J], I + 1);
        }
    }
    for (int i = 0; i < DEGREE + 1; i++)
    {
        for (int j = 0; j < DEGREE + 1; j++)
        {
            int k = (i + 1) + (j + 1) - 2;
            Console.WriteLine(k);
            if (k <= 0)
            {
                SUM1[i, j] = NOPTS;
            }
            else
            {
                SUM1[i, j] = POWX[k - 1];
            }
        }
    }
}

```

```

    }
    RHS[0] = (float)0.0;

    for (int j = 0; j < NOPTS; j++)
    {
        RHS[0] = RHS[0] + Y[j];
    }

    for (int i = 1; i < DEGREE + 1; i++)
    {
        RHS[i] = (float)0.0;
        for (int j = 0; j < NOPTS; j++)
        {
            RHS[i] = RHS[i] + Y[j] * (float)Math.Pow(X[j], i);
        }
    }
    GAUSS(DEGREE, DEGP1, RHS, COEF, SUM1);
}

static void GAUSS(int DEGREE, int DEGP1, float[] RHS, float[] COEF, float[, ] SUM1)
{
    float FACTOR = (float)0.0;
    for (int K = 0; K < DEGREE; K++)
    {
        int KPLUS1 = K + 1;
        int L = K;
        for (int I = KPLUS1; I < DEGREE + 1; I++)
        {
            if (!(Math.Abs(SUM1[I, K]) <= Math.Abs(SUM1[L, K])))
            {
                L = I;
            }
        }

        if (!(L <= K))

```

```

{
    float DUMP;
    for (int j = K; j < DEGREE + 1; j++)
    {
        DUMP = SUM1[K, j];
        SUM1[K, j] = SUM1[L, j];
        SUM1[L, j] = DUMP;
    }
    DUMP = RHS[K];
    RHS[K] = RHS[L];
    RHS[L] = DUMP;
}

for (int I = KPLUS1; I < DEGREE + 1; I++)
{
    FACTOR = SUM1[I, K] / SUM1[K, K];
    SUM1[I, K] = (float)0.0;
    for (int J = KPLUS1; J < DEGREE + 1; J++)
    {
        SUM1[I, J] = SUM1[I, J] - FACTOR * SUM1[K, J];
    }
    RHS[I] = RHS[I] - FACTOR * RHS[K];
}

}

COEF[DEGREE] = RHS[DEGREE] / SUM1[DEGREE, DEGREE];
int Iter = DEGREE;

while (Iter > 0)
{
    int IPLUS1 = Iter + 1;
    double TOTAL = 0.0;

    for (int J = IPLUS1 - 1; J < DEGREE + 1; J++)
    {

```



```

        TOTAL = TOTAL + SUM1[Iter - 1, J] * COEF[J];
    }
    COEF[Iter - 1] = (float)(RHS[Iter - 1] - TOTAL) / SUM1[Iter - 1, Iter - 1];

    Iter--;
}
}
public static float CalculateHRV(float X, float[] COEF)
{
    float Y = 0;
    for (int i = 0; i < COEF.Length; i++)
    {
        Y += COEF[i] * (float)Math.Pow(X, i);
    }
    return Y;
}
}

```



Ім'я користувача:  
Попенко Володимир Дмитрович

Дата перевірки:  
15.12.2020 07:24:19 EET

Дата звіту:  
15.12.2020 07:49:15 EET

ID перевірки:  
1005458559

Тип перевірки:  
Doc vs Internet + Library

ID користувача:  
77149

Назва документа: Novosjol\_magistr\_ip92mp

Кількість сторінок: 81 Кількість слів: 13161 Кількість символів: 106112 Розмір файлу: 857.69 KB ID файлу: 1005748484

## 14.8% Схожість

Найбільша схожість: 4.03% з Інтернет-джерелом (<https://ua.kursoviki.com.ua/metodychki/5087-metodichni-rekomenda..>)

10.1% Джерела з Інтернету 242 ..... Сторінка 83

11.4% Джерела з Бібліотеки 686 ..... Сторінка 89

## 0.67% Цитат

Цитати 5 ..... Сторінка 90

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

## 0% Вилучень

Немає вилучених джерел

## Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи 13